This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

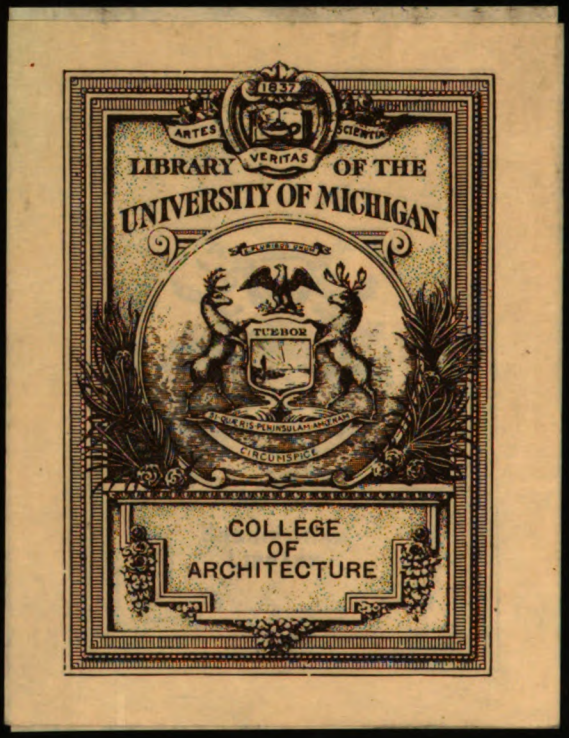
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

B 475275

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Architectu
NA
2510
.H24

Geſamtanordnung und Gliederung des »Handbuches der Architektur« (zugleich Verzeichnis der bereits erſchienenen Bände, bezw. Hefte) ſind am Schluſſe des vorliegenden Heftes zu finden.

Jeder Band, bezw. jeder Halb-Band und jedes Heft des »Handbuches der Architektur« bildet auch ein für ſich abgeſchloſſenes Buch und iſt einzeln käuflich.

Digitized by Google

HANDBUCH

DER

ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von

Oberbaudirektor
Professor Dr. **Josef Durm**
in Karlsruhe

und

Geh. Regierungs- u. Baurat
Professor **Hermann Ende**
in Berlin

herausgegeben von

Geheimer Baurat
Professor Dr. **Eduard Schmitt**
in Darmstadt.

Dritter Teil:

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

2. Band:

Raumbegrenzende Konstruktionen.

Heft 3, a:

Balkendecken.

ZWEITE AUFLAGE.

ARNOLD BERGSTRÄSSER VERLAGSBUCHHANDLUNG (A. KRÖNER).
STUTTGART 1901.

Digitized by Google

DIE

HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

DES

HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR

DRITTER TEIL.

2. Band:

Raumbegrenzende Konſtruktionen.

Heft 3, a:

Balkendecken.

Von **Georg Barkhauſen,**
Geh. Regierungsrat und Profeſſor an der techniſchen Hochſchule zu Hannover.

ZWEITE AUFLAGE.

Mit 499 in den Text eingedruckten Abbildungen, ſowie 1 in den Text eingehefteten Tafel.

STUTTGART 1901.
ARNOLD BERGSTRÄSSER VERLAGSBUCHHANDLUNG
A. KRÖNER.

Digitized by Google

Das Recht der Ueberſetzung in fremde Sprachen bleibt vorbehalten.

Druck der UNION DEUTSCHE VERLAGSGESELLSCHAFT in Stuttgart.

Digitized by Google

Handbuch der Architektur.

III. Teil.

Hochbaukonſtruktionen.

2. Band, Heft 3, a.

(Zweite Auflage.)

INHALTSVERZEICHNIS.

Raumbegrenzende Konſtruktionen.

2. Abſchnitt.

Nach oben begrenzende Konſtruktionen.

	Seite
Vorbemerkungen	1
A. Balkendecken	2
1. Kap. Unterſtützung der Balkendecken	3
a) Unterſtützung durch Gebäudewände	3
b) Unterſtützung durch Freiſtützen	8
c) Auflagerung der Balken auf Unterzüge, bezw. der Unterzüge auf einen Mittelträger	28
2. Kap. Balkendecken in Holz	32
a) Balkenlage	33
b) Ausfüllung der Balkenfache (Fehlböden oder Zwiſchendecken)	42
1) Balkenlagen ohne Ausfüllung	42
2) Dübelböden	43
3) Windelböden und Wickelböden, Wellerungen und Stakungen	44
4) Einſchubböden	48
5) Neuere Fachausfüllungen	50
α) Fachausfüllungen der Gruppe A	50
β) Fachausfüllungen der Gruppe B, a	51
γ) Fachausfüllungen der Gruppe B, b	52
δ) Fachausfüllungen der Gruppe B, c	57
ε) Fachausfüllungen der Gruppe B, b	60
6) Wandanſchluſs der Fachausfüllung	65
c) Decke im engeren Sinne	65
3. Kap. Balkendecken in Holz und Eiſen	74
4. Kap. Balkendecken in Stein, Mörtel oder Beton und Eiſen	83
a) Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung	85

153884

Digitized by Google

Seite

1) Wölbung aus gewöhnlichen oder beſonders geformten, Voll-, Loch-, Leicht- und Porenſteinen 85
2) Wölbung aus dünnwandigen Hohlkaſten 97
3) Wölbung aus im Bau eingeſtampftem Mörtel oder Beton 105
α) Ohne Eiſeneinlagen 105
β) Mit Eiſeneinlagen 110
4) Wölbung aus Kappenkörpern, welche fertig in den Bau gebracht werden . . 130
α) Ohne Eiſeneinlagen 130
β) Mit Eiſeneinlagen 131
b) Ausfüllung der Trägerfache mit Platten 132
1) Plattenartige Fachausfüllungen aus im Bau eingeſtampftem Mörtel oder Beton . 132
α) Ohne Eiſeneinlagen 132
β) Mit Eiſeneinlagen 135
2) Plattenförmige, fertig in den Bau gebrachte Körper 149
α) Ohne Einlagen 149
β) Mit Einlagen 151
3) Dünnwandige Thon- oder Mörtelkaſten 154
α) Ohne Einlagen 154
β) Mit Einlagen 157
4) Gewöhnliche oder beſonders geformte Voll-, Loch-, Leicht- oder Porenſteine . 157
α) Ohne Einlagen 157
β) Mit Einlagen 164
c) Vergleich der Wirkung gewölbter und plattenartiger Fachausfüllungen 174
d) Verbundbalken 175

5. Kap. Balkendecken in Eiſen 176

6. Kap. Herſtellung ſelbſtändiger Decken im engeren Sinne unter eiſernen Trägern und Balken 184

7. Kap. Beeinfluſſung der Decken durch Feuer 189

8. Kap. Schutz der Balkendecken gegen Feuchtigkeit und Schalldurchläſſigkeit 192
a) Feuchtigkeitsſchutz für die Ausfüllungen der Balkenfache 192
b) Feuchtigkeitsſchutz für Träger, Balken und Lagerhölzer 195
c) Feuchtigkeitsſchutz für die Freiſtützen 198
d) Schutzmittel gegen Schalldurchläſſigkeit 198

9. Kap. Stärke der Deckenteile und -Unterſtützungen 201
a) Belaſtungen 201
1) Eigengewicht der Decken 201
Tabelle über Eigengewichte von Balkendecken 201
2) Nutzlaſt 203
b) Abmeſſungen der Deckenteile 203
1) Stärke der Fuſsbodenbeläge 203
2) Stärke der Ausfüllungen der Balkenfache 204
α) Stakung, Wellerung und Einſchub 204
β) Mauerwerks- und Mörtelplatten ohne Einlagen 204
γ) Mauerwerks- und Mörtelplatten mit Einlagen; Verbundkörper 209
a) Die Platte nimmt nur Biegungsmomente auf; Entſtehen von Riſſen iſt unzuläſſig 210
b) Die Platte nimmt auſser dem Biegungsmoment auch Längsdruck auf; Entſtehen von Riſſen iſt unzuläſſig 213
c) Die Platte nimmt nur Biegungsmomente auf; die Möglichkeit des Entſtehens feiner Riſſe braucht nicht ausgeſchloſſen zu werden . . 213
b) Die Platte nimmt Biegungsmomente und Längsdruck auf; die Möglichkeit des Entſtehens feiner Riſſe braucht nicht ausgeſchloſſen zu werden 215

Digitized by Google

Seite

e) Die Zugſpannungen im gezogenen Plattenteile werden bis zur Streckgrenze s_{st} der Umhüllung als wirkſam eingeführt 216
δ) Auswölbungen der Trägerfache 221
𝔄) Wölbungen aus Mauerwerk oder Beton ohne Einlagen 221
𝔅) Wölbungen mit Eiſeneinlagen; gewölbte Verbundkörper 225
ε) Fachausfüllungen mit Tonnenblechen und Buckelplatten 233
ζ) Fachausfüllungen mit Wellblech 235
η) Fachausfüllungen mit Belageiſen 240
3) Querſchnittsermittelungen für Balken und Träger 240
c) Abmeſſungen von Balkenlagen mit Unterzügen 252
1) Die Oeffnungsweiten ſind gleich 253
2) Die Oeffnungsweiten können verſchieden ſein 258

Berichtigungen 268

Tafel bei S. 247:
Zeichneriſche Darſtellung der Normal-I-Eiſen für die Unterſuchung ihrer Tragfähigkeit unter lotrechter Belaſtung.

Digitized by Google

Digitized by Google

2. Abſchnitt.

Nach oben begrenzende Konſtruktionen.

1. Vorbemerkungen.

Die durch die Gebäude geſchaffenen, bezw. in denſelben vorhandenen Räume werden nach oben in der Regel durch eine Decke, ſeltener durch das Dach begrenzt; letzteres bildet in den allermeiſten Fällen den oberſten Abſchluſs des Gebäudes. Im vorliegenden Hefte dieſes »Handbuches« ſollen die Decken, im nächſtfolgenden die Dächer behandelt werden.

Wie bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (S. 3) dieſes »Handbuches« geſagt worden iſt, kann die Decke raumabſchlieſsend oder raumtrennend ſein, je nachdem ſie den betreffenden Raum nach auſsen hin abſchlieſst oder ihn von einem darüber gelegenen Raume trennt. Im Verfolg deſſen kann man unterſcheiden:

1) Decken, über denen ſich kein benutzter Raum befindet, welche alſo keinen Fuſsboden [1]) zu tragen und nur den Zweck der Raumabſchlieſsung zu erfüllen haben.

2) Decken, über denen ein oder mehrere benutzte Räume vorhanden ſind, alſo Decken, welche letztere Räume nach unten begrenzen und deshalb einem Fuſsboden [1]) als Unterlage zu dienen haben.

3) Decken, welche den Unterbau für einen Altan, eine Terraſſe etc. bilden.

Die Konſtruktion der Decken iſt eine ſehr mannigfaltige. Sie laſſen ſich in dieſer Hinſicht in drei Gruppen trennen:

1) Balkendecken oder Decken, deren hauptſächlich tragende Konſtruktionsteile von ſog. Balkenträgern [2]) gebildet werden;

2) Gewölbte Decken, welche von ſteinernen Gewölben gebildet werden, und

3) Decken, die aus anderen Bauſtoffen, bezw. in anderer Weiſe konſtruiert ſind.

[1]) Die Fuſsböden werden, obigen Ausführungen entſprechend, im vorliegenden Abſchnitt nicht zu beſprechen ſein. Es giebt Fuſsböden, die nicht auf einer Deckenkonſtruktion aufruhen, und andererſeits Decken, auf denen keinerlei Fuſsboden lagert. Ueber Konſtruktion und formale Ausbildung der Fuſsböden iſt in Teil III, Band 3, Heft 3 dieſes »Handbuches« das Erforderliche zu finden; hier wird der Fuſsbodenkonſtruktion nur inſofern zu gedenken ſein, als Decken häufig die Unterlage für Fuſsböden bilden.

[2]) Siehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«.

Digitized by Google

A. Balkendecken.

Von Georg Barkhausen.

Unter vorſtehender Ueberſchrift wird mit der Betrachtung der Balkendecken begonnen, weil ſich unter dieſen die geſchichtlich älteſten finden. Denſelben folgt die Beſprechung der gewölbten Decken, und den Schluſs bilden die verglaſten Deckenkonſtruktionen und Deckenlichter.

Das Gebiet der Balkendecken hat in den letzten Jahren, insbeſondere ſeit dem Erſcheinen der 1. Auflage des vorliegenden Heftes, einen ſtaunenswerten Ausbau erfahren, der durch die Geſichtspunkte bedingt wurde:

1) die Tragfähigkeit der Decken den Forderungen der Neuzeit anzupaſſen;

2) die Undurchläſſigkeit der Decken gegen Waſſer, Wärme, Luft, Gaſe und Schall zu verbeſſern;

3) alle dem Vergange oder gar der Fäulnis ausgeſetzten Stoffe aus den Decken zu verbannen;

4) das Uebertragen von Feuersbrünſten von einem Raume zum anderen, ſowie die ungünſtige Beeinfluſſung der Aufsenwände durch die Decken bei Feuersbrünſten zu verhüten und die Bekämpfung ausgebrochener Feuersbrünſte zu erleichtern;

5) die Einwirkung der Decken auf die geſundheitlichen Verhältniſſe der Räume möglichſt günſtig zu geſtalten;

6) die Reinigung der Räume zu erleichtern;

7) die Höhe der Gebäude thunlichſt weitgehend für die Lichthöhe der Räume nutzbar zu machen;

8) die Anlage weiter Räume zu ermöglichen, welche nicht durch Mauern und Stützenreihen, ja wenn möglich nicht einmal durch vereinzelte Freiſtützen beeinträchtigt ſind, und

9) alle dieſe Anforderungen mit möglichſt geringen Geldmitteln zu erfüllen.

Auch die neueren Konſtruktionen der Fufsböden haben erheblichen Einfluſs auf die Bildung der Decken ausgeübt.

Dieſe vielſeitigen Anforderungen der neueſten Zeit an die Balkendecken haben eine aufserordentlich grofse Zahl verſchiedener Deckenkonſtruktionen, ja ſelbſt neuartiger Bauſtoffe für Decken entſtehen laſſen, und da es ſich um lohnenden Maſſenverbrauch handelt, eine ſehr grofse Zahl von Patenten und Gebrauchsmuſtern gezeitigt, deren Inhaber jedesmal das eigene Erzeugnis als das beſte anpreiſen. Hierdurch iſt eine grofse Schwierigkeit für die gerechte Würdigung der einzelnen Konſtruktion entſtanden, da erſt für wenige derſelben genügende Erfahrungen vorliegen. Für die vorliegende 2. Auflage blieb daher nichts anderes

Digitized by Google

übrig, als eine möglichſt vollſtändige Darſtellung des heutigen Gewirres von Deckenkonſtruktionen zu geben, ohne bei der einzelnen ſtets eine Beurteilung eintreten zu laſſen. Immerhin laſſen ſich aber auch jetzt ſchon gewiſſe Geſichtspunkte für eine Sichtung der reichen Auswahl gewinnen, und dieſe ſollen von allgemeinem Standpunkte aus der ausgiebigen Einzeldarſtellung nachgefügt werden. Es erſchiene vermeſſen, wollte man über ſo viele ganz junge Konſtruktionen in einem Werke von der Bedeutung dieſes »Handbuches« ſchon jetzt abſchlieſsende Einzelurteile fällen; es muſs dem Leſer überlaſſen werden, ſich nach den allgemeinen Geſichtspunkten, unterſtützt von der eigenen Erfahrung, ein Urteil über die einzelnen Bauweiſen zu bilden.

---

1. Kapitel.

Unterſtützung der Balkendecken.

Die wichtigſte allgemeine Grundregel für die Unterſtützung der Balkendecken beſagt, daſs jeder tragende Teil eine genügende Auflagergrundfläche erhalten muſs, um in ihr eine der Tragfähigkeit der unterſtützenden Teile entſprechende Belaſtung der Flächeneinheit zu ermöglichen.

Die Unterſtützung erfolgt durch die Gebäudewände oder durch Freiſtützen.

a) Unterſtützung durch Gebäudewände.

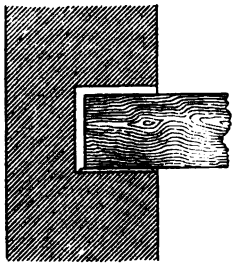
2. Steinerne Wände.

Die Gebäudewände können ganz in Stein, in Fachwerk, in Holz u. ſ. w. ausgeführt ſein.

Bei ganz ſteinernen Wänden ſind bezüglich der Beſtimmung der Gröſse der Auflagerflächen für die die Decken tragenden Teile diejenigen Einheitsbelaſtungen maſsgebend, welche als zuläſſige in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 281, S. 247[3]), Teil III, Band 1 (Fuſsnote 104, S. 196[4]) und Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abſchn. 1, A, Kap. 11, a: Wandſtärken) dieſes »Handbuches« angegeben ſind.

Gewöhnlich wird angenommen, daſs ſich der Druck der die Decke tragenden Teile gleichförmig über die Lagerfläche verteilt. In der That wird aber dieſe Verteilung durch die Durchbiegung der Träger unmöglich gemacht, welche ſtets eine Mehrbelaſtung der Auflagervorderkante bewirkt. Eine derartige Kantenbelaſtung des Mauerwerkes iſt aber ſchädlich, und deshalb iſt es bei ſchwer belaſteten Decken, wo die Auflagerflächen nicht — wie in den gewöhnlichen Fällen — aus praktiſchen Rückſichten gröſser gemacht ſind, als ſie ſtreng genommen zu ſein brauchten, ratſam, die tragenden Teile, etwa Balken, auf ein Bohlenſtück oder eine Platte von Zementmörtel zu lagern, deren Vorderkante um einige Centimeter von der Mauerkante, dieſe entlaſtend, entfernt bleibt (Fig. 1). Beſonders häufig tritt bei eiſernen Tragkonſtruktionen infolge der hohen Feſtigkeit des Eiſens, gegenüber der des Mauerwerkes, der Fall ein, daſs zur Erzielung einer genügenden Lagerfläche am Träger ſelbſt, bei der meiſt geringen

Fig. 1.



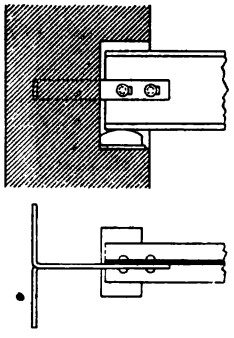
[3]) 2. Aufl.: Art. 77, S. 53.

[4]) 2. Aufl.: Fuſsnote 113, S. 220.

Digitized by Google

Breite des letzteren, ein übermäfsig langes Stück in die Wand gefteckt werden müfste, wodurch die Wand gefchwächt, der Träger unnötig lang und die Druckverteilung erheblich ungleichmäfsiger wird, als bei kurzer Lagerung. In folchen Fällen wird es nötig, eine befondere Lagerplatte zwifchen Träger und Mauerwerk einzulegen, welche aus Gufseifen nach Fig. 2 oder nach Fig. 588 (S. 216 [5]) in Teil III, Band 1 diefes »Handbuches« auszubilden ift. Zweck der Platte ift, die zu grofse Auflagerlänge durch Verbreiterung des Lagers zu verkürzen und gleichförmige Druckverteilung zu fichern. Auch diefe Platte foll um einige Centimeter von der Mauerkante entfernt bleiben. Alle folche Platten find zunächft auf Keilen 1,5 bis 2,0 cm hohl zu verlegen und dann mit Zement zu vergiefsen. Beim Verlegen in ein Zementmörtelbett ift die genaue Herftellung einer vorgefchriebenen Höhenlage nicht leicht; die volle Unterbettung der Platte wird dabei aber meift beffer erreicht, als durch Vergiefsen.

Fig. 2.



Die Verbefferung der Druckverteilung kann auch durch eine unter allen Trägerköpfen der Decke in der Mauer entlang laufende Mauerlatte, auch Mauerbank, Raftlade, Roftlade oder Roftfchliefse genannt, erzielt werden, auf welcher hölzerne Balken verkämmt werden (fiehe Fig. 515, S. 179 in Teil III, Band 1 diefes »Handbuches« [6]). Diefelbe kommt nahezu ausfchliefslich bei hölzernen Tragwerken vor und hat hier den Vorteil, dafs das Verzimmern der hölzernen Träger (Balkenlagen) durch Anordnung diefer einrahmenden Hölzer an Genauigkeit, weil an Bequemlichkeit gewinnt. Andererfeits werden aber die Wände durch die durchlaufende Nut, welche für die Einlagerung der durchgehenden Latte ausgefpart werden mufs, in beträchtlichem Mafse gefchwächt. Es empfiehlt fich daher, die Verwendung der Mauerlatte — abgefehen von der Benutzung als Entlaftungsträger über Oeffnungen oder fonftigen fchwachen Stellen der Mauern — auf folche Fälle zu befchränken, in denen fie ohne Herftellung einer Nut entweder auf einen Mauerabfatz — bei Verftärkung der Wände — oder auf eine Maueroberfläche — bei Dachbalkenlagen — verlegt werden kann; namentlich für den letzteren Fall ift ihre Verwendung behufs Verteilung der Dachlaften zu empfehlen. Auch die Mauerlatte mufs mit der Aufsenkante etwas von der Mauerkante entfernt bleiben.

In den meiften Fällen haben die Deckentragwerke neben der Aufgabe, die Deckenlaften aufzunehmen, noch die der gegenfeitigen Verankerung der Gebäudewände zu erfüllen, zu welchem Zwecke dann zwifchen den Trägerenden und den Wänden eine Verbindung nach Art von Fig. 3, 4, 5, 6 u. Fig. 514, 515, 516 (S. 179 [7]) in Teil III, Band 1 diefes »Handbuches« hergeftellt werden mufs. Diefe Verbindungen können mit geringen Abänderungen auch für eiferne Träger verwendet werden; eine einfache derartige Anordnung ftellt Fig. 2 dar. Bei fchweren Trägeranordnungen erfolgt diefe Verbindung gewöhnlich in der durch Fig. 602 (S. 224 [8]) im gleichen Bande dargeftellten Weife, indem man eine untere Rippe der Lagerplatte, in welcher der Träger unbeweglich befeftigt ift, nach unten in das

[5]) 2. Aufl.: Fig. 605 u. 606, S. 245 u. 246.
[6]) 2. Aufl: Fig. 528, S. 194.
[7]) 2. Aufl.: Fig. 527, 528 u. 529, S. 194
[8]) 2. Aufl.: Fig. 618, S. 256 u. Fig. 620, S. 257.

Digitized by Google

Mauerwerk greifen läfst und hier vergiefst. Vorausfetzung ift hierbei, dafs das Mauerwerk zum Einftemmen der erforderlichen Nut feft genug ift. Diefe Art der Befeftigung wird aber nach dem an der bezeichneten Stelle Gefagten dann für die Wände gefährlich, wenn die Träger lang und erheblichen Wärmefchwankungen ausgefetzt find, weil die Mauern dann durch die Längenänderungen der mit ihnen feft verbundenen Träger hin und her bewegt werden. In folchen Fällen mufs man die Verankerung der Wände durch die Deckenträger aufgeben und die Wandftärken nötigenfalls unter Anfügen von Strebepfeilern fo bemeffen, dafs die Wände für fich hinreichend ftandfeft find. (Siehe Teil III, Bd. 1 [Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 11, b: Wandverftärkungen] diefes »Handbuches«.) Eine gewiffe wagrechte Beeinfluffung erfahren die Wände dann immer noch durch die Reibung der Träger auf ihren Lagern; diefe ift bei der Unterfuchung der Wände zu berückfichtigen.

Bei Feuersbrünften wurde mehrfach der Einfturz der Gebäude dadurch hervorgerufen, dafs die Längenausdehnung der an den Enden feft eingemauerten eifernen Träger infolge des hohen Wärmegrades die Mauern nach aufsen umwarf. Es ift daher notwendig, den Enden eiferner Träger genügend freies Spiel zu laffen, d. h. das Mauerwerk vom Trägerende zurückzufetzen und die Bolzenlöcher etwaiger Ankeranfchlüffe länglich zu geftalten (Fig. 2). Das Mafs der Ausdehnung berechne man für Eifen und Stahl nach dem Ausdehnungsverhältniffe 0,0000123 für 1 Grad C. Wärmezunahme und mache ferner noch die Annahme, dafs die ganze Längenänderung an einem Trägerende zum Austrage kommt.

Bei den hohen amerikanifchen Häufern hat fich diefe Mafsregel nicht als genügend erwiefen, weil man bei ihrer Höhe die Unterftützung der Wände durch die Innenteile in wagrechtem Sinne nicht entbehren konnte. Hier find deshalb in neuerer Zeit die Aufgaben umgekehrt[9]); man läfst nicht die Decken durch die Wände tragen, fondern errichtet zunächft ein felbftändig tragfähiges Eifengerüft, welches die ganze Laft des Gebäudes trägt und fetzt dann eine fchwache Aufsenverkleidung, in der Regel aus grofsen gebrannten Thonkaften (Terrakotten) mit geringem Gewichte gebildet, in die äufseren Mafchen diefes Eifengerüftes ein, welches fomit nun auch die Aufsenwände trägt. Da letztere bei diefer Anordnung alle Bewegungen des Eifengerippes mitmachen, fo ift die Gefahr ihrer Verletzung durch Längenänderungen der Träger gehoben, wenn fie nur ficher in die Felder des Eifenbaues eingebunden find. Selbftverftändlich find dabei ftarke eiferne Stützen auch im Umfange des Gebäudes nötig.

Da die Deckenträger fich gleichmäfsig über die ganze Länge der Mauern verteilen müffen, fo ift die Lagerung einer gewiffen Anzahl derfelben über den Maueröffnungen des unteren Gefchoffes im allgemeinen nicht zu umgehen. Sind diefe fchmal, z. B. gewöhnliche Fenfter eines Wohnhaufes, fo kann man die Deckenträger unbedenklich, wie es gerade bequem erfcheint, über dem Schlufsbogen der Oeffnung lagern. Werden die Oeffnungen aber weit, z. B. bei Einfahrten, Schaufenftern u. dergl., fo ift für den Abfchlufs mittels Wölbbogen meift keine genügende Höhe vorhanden; auch würden die bedeutenden Laften Bogenfchübe bewirken, für welche die Widerlager nicht vorhanden find. Man lege dann zunächft Träger über diefe Oeffnungen, welche die Laft der Deckenträger und dazu häufig noch diejenige der Mauern der darüberliegenden Gefchoffe zu tragen haben.

[9]) Siehe: EMPERGER's Mitteilungen in: *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Bd. 34, S. 521 (1895, Juli-Dezember), — ferner: Oeftr. Monats'chr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 1, 38.

Digitized by Google

In dem Falle, dafs die gewölbten Bogen über den Oeffnungen wohl zur Aufnahme der aufruhenden Mauerlaft, nicht aber zu derjenigen der Deckenlaft ftark genug erfcheinen, lege man in die Mauer über den Bogen noch einen mauerlattenartigen Längsträger, welcher die Deckenträger aufnimmt. Diefer Träger foll nun aber nicht wie eine Mauerlatte blofs druckverteilend wirken, fondern er foll die gefamte, über der Oeffnung ruhende Deckenlaft aus ihrem Bereiche auf die Seitenbegrenzungen übertragen; daraus folgt, dafs er nicht voll auf dem Bogen untermauert werden darf, fondern beiderfeits neben der Oeffnung regelrechte Auflager erhalten, innerhalb der Oeffnung aber vom Mauerwerke fo weit frei bleiben mufs, dafs er die feiner Belaftung entfprechende Durchbiegung annehmen kann, ohne das Mauerwerk zu berühren.

Fig. 3.

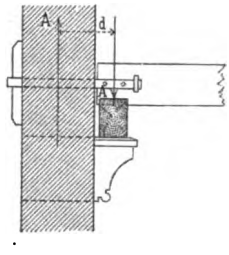
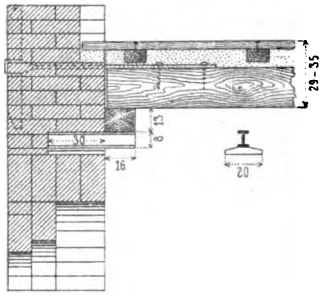


Fig. 5.



Bei fchwachen und bei ftark belafteten Mauern erfcheint das Einlagern von Mauerlatten regelmäfsig, oft aber auch das Einftecken der Balkenköpfe unzuläffig, weil die entftehenden Löcher zu bedeutende Schwächung der Mauer hervorrufen.

Fig. 4.

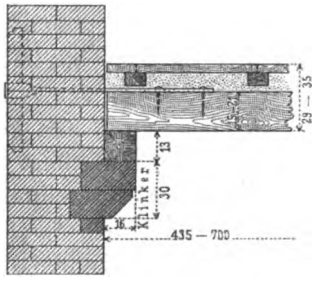
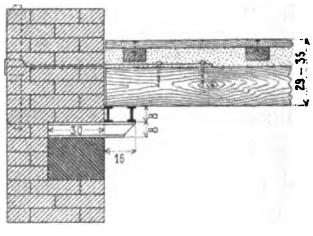


Fig. 6.



In folchen Fällen kann man:

1) die Balken auf ausgekragte Lager aus Backftein, Haufteln oder Eifen lagern, indem man entweder unter jeden Balkenkopf ein Kragftück, bezw. eine Konfole fetzt, oder

2) die Balken mittels eines auf in weiterer Teilung angebrachten Konfolen oder anderen Vorkragungen gelagerten Trägers unterftützt (Fig. 3, 5 u. 6), oder

3) einige Kragfchichten auf die ganze Länge der Mauer vorftreckt (Fig. 4). Bei diefer Art der Lagerung wird allerdings die Wand infofern ungünftig beanfprucht, als das Kräftepaar A (Fig. 3) fie mit der Momentengröfse $A\,d$ nach innen zu kanten fucht; die Mauer mufs dann alfo ftark genug fein, um aufser den auf fie wirkenden lotrechten Laften auch diefes Moment aufzunehmen. Ift aber die Wand — z. B. durch einen vom Dachftuhle ausgeübten Schub — fchon vorwiegend an der Aufsenkante belaftet, fo kann diefe die Preffungen an der Innenkante vergröfsernde Art der Balkenlagerung fogar günftig für die Wand wirken.

Die Haufteinkonfolen greifen thunlichft durch die ganze Wandftärke; bei ihnen wie bei den in Backfteinen vorgekragten Schichten foll die Ausladung bis Auflagermitte (A in Fig. 3) die Hälfte der Höhe nicht überfchreiten.

Eine Verankerung der Wand, wenigftens an einzelnen Balken, wird auch hier regelmäfsig ausgeführt (Fig. 3 bis 6).

Die Lagerung hölzerner Balken vor der Wand erfolgt bei geringer Stärke der letzteren auch zu dem Zwecke, die Balkenköpfe, welche bei Einlagerung die ganze

Digitized by Google

Mauerſtärke durchdringen würden, nicht mit dem Hirnende der Witterung auszuſetzen.

Ausgeführte Beiſpiele derartiger Lagerung auf Kragſchichten und Konſolen zeigen Fig. 4, 5 u. 6, welche dem Gymnaſial-Konviktsgebäude in Horn [10]) entnommen ſind.

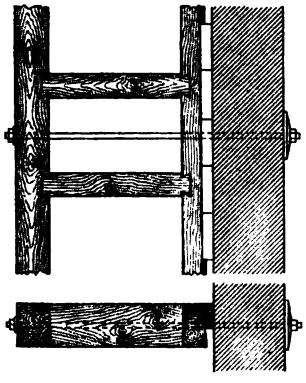
Da die Säle bedeutende Längen (bis zu 23 m) haben, ſo fürchtete man die bei Einlagerung der Balken der verwendeten Dübeldecke unvermeidliche Schwächung der Mauern und führte daher bei 6,00 bis 7,15 m Saaltiefe die in Fig. 4 dargeſtellte Kraglagerung in harten Klinkern aus; die Mehrkoſten hierfür betrugen, einſchl. der Lagerſchwelle und des Putzens des die Kragleiſte verdeckenden Geſimſes, für 1 lauf. Meter 3,75 Mark (= 2,2 Gulden). Bei Saaltiefen von weniger als 6,00 m wurde die Vorkragung in den gewöhnlichen Mauerſteinen ausgeführt und koſtete dann nur 0,53 Mark (1,9 Gulden) für 1 lauf. Meter.

Ueber den Fenſtern ließs ſich die Steinvorkragung wegen mangelnder Höhe nicht mehr durchführen; hier wurden daher in 75 cm Abſtand kurze Abſchnitte von I-Trägern Nr. 8 unter Auflagerung auf kleine gußeiſerne Druckverteilungsplatten eingemauert, welche dann die Auflagerſchwelle tragen (Fig. 5). Die in Fig. 6 dargeſtellte Anordnung von eiſernen Kragträgern auf Auflagerquadern, welche als Lagerſchwelle ein Paar I-Träger Nr. 8 tragen, wurde wegen der geringeren Höhe in Betracht gezogen, jedoch gegenüber der gewählten Anordnung nach Fig. 4 als zu teuer erkannt.

Die Verankerung ſolcher Wände, welche parallel zu den Balken laufen, alſo der ſog. Giebelwände, kann durch die Balkenlage nur in viel mangelhafterer Weiſe erfolgen, als die derjenigen Wände, welche die Balkenköpfe aufnehmen, da der Widerſtand der Balkenlage in dieſem Sinne lediglich vom geringen ſeitlichen Biegungswiderſtande der Balken abhängt. Man ſoll daher ſolche Wände in der Regel ſo ausbilden, daſs ſie ohne Verankerung ſicher ſtehen, daher namentlich den letzten Träger der Balkenlage nicht in, ſondern vor die Wand legen.

Wird gleichwohl in einzelnen Fällen eine ſolche Verankerung nötig, ſo ſoll man dazu nicht bloſs den letzten, ſondern wenigſtens zwei, wenn möglich drei Balken nutzbar machen, indem man nach Fig. 7 zwei ſchwache Wechſel in kurzem Abſtande voneinander einzieht und in ihrer Mitte den Anker — hier Rundeiſen — durch die Balken und die Wand führt. Dabei muſs der letzte Balken feſt gegen die Wand abgekeilt ſein, was übrigens auch wegen des ſpäter zu beſprechenden dichten Anſchluſſes der Balkenlage an die Wand nötig iſt.

Fig. 7.



Weſentlich wird dieſe Art der Verankerung im fertigen Gebäude durch ſolche Fuſsböden und Deckenausbildungen unterſtützt, welche eine auf Zug widerſtandsfähige Verbindung zwiſchen den Balken herſtellen, alſo namentlich bei Bretterfuſsböden und bei Deckenſchalung, da durch ſolche der ſeitliche Biegungswiderſtand aller Balken für die Verankerung nutzbar gemacht wird.

Bei eiſernen Balken ändert ſich die Anordnung gegen Fig. 7 in keinem weſentlichen Punkte.

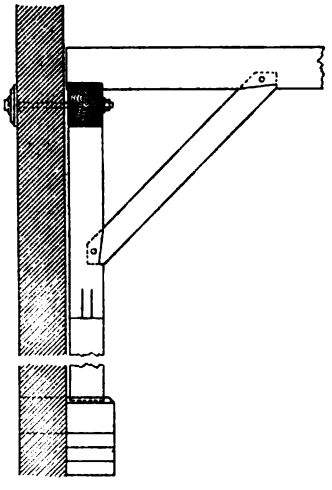
Iſt nun die Tragfähigkeit der Mauern ſo gering, daſs ſie auch die Lagerung auf Vorkragungen nicht ertragen, ſo muſs man vor ihnen ein Traggerüſt aus hölzernen Stielen mit hölzernen Balken oder eiſernen Stützen mit Eiſenträgern aufſtellen, wenn man die Wände nicht in der auf S. 5 für die hohen amerikaniſchen Häuſer beſprochenen Weiſe überhaupt in ein ſelbſtändiges eiſernes Traggerüſt bloſs

[10]) Nach: Wochſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 361.

Digitized by Google

einhängt. Die Eiſenſtützen werden ganz nach dem in Teil III, Band 1 (S. 184 u. ff. [11]) dieſes »Handbuches« über Freiſtützen in Eiſen Geſagten behandelt, indem man ſie bis auf die unmittelbar auf dem Baugrunde vorzunehmende Gründung hinabführt; hölzerne Stiele ſtellt man dagegen gern auf einen ſteinernen Sockel mit Deckquader, um das untere Ende über dem Erdboden trocken und unter guter Aufſicht zu halten (Fig. 8). Dabei werden die Stiele gegen den darüberliegenden Längsträger und — wenn ein Balken über dem Stiele liegt — auch gegen dieſen durch Kopfbänder verſpreizt. Das untere Stielende wird in den Quader etwas eingelaſſen oder ſtumpf aufgeſetzt und mittels Dollen unverſchieblich gemacht; dieſe Vorkehrungen ſind jedoch bedenklich, wenn Näſſe den Stiel erreichen kann. Es iſt zweckmäſsig, zwiſchen die Hirnfläche des Stieles und den Quader eine 1,5 mm dicke, an Gröſse dem Stielquerſchnitte entſprechende Blei- oder wenigſtens Schwarzblechplatte einzulegen, welche den Druck auch bei geringen Unebenheiten der Aufſtandflächen gleichförmig verteilt und zugleich einigen Schutz gegen Feuchtigkeit gewährt.

Fig. 8.



3. Fachwerkwände.

Bei Wänden aus Holzfachwerk erfolgt, wie dies ſchon in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abſchn. 1, A, Kap. 6: Wände aus Holz und Stein [Holzfachwerkbau], insbeſondere unter a [Holzgerippe]) ausgeführt worden iſt, die Lagerung der Balken zwiſchen dem Rahmen des unteren und der Schwelle des oberen Geſchoſſes, ſo daſs alſo die Balkenlage die Wände zweier aufeinander folgender Geſchoſſe trennt. Die Balken werden dabei mit Rahmen und Schwelle haken-, kreuz- oder ſchwalbenſchwanzförmig verkämmt, um als Anker für die Wände dienen zu können. Zu beachten iſt übrigens nur die Regel, daſs die Balken nicht weit von den Stielen des Fachwerkes entfernt liegen ſollen, woraus folgt, daſs die Stielteilung der Balkenteilung thunlichſt entſprechen ſollte. Ueber die Anordnungen, welche zur Verſtärkung der Rahmen zu treffen ſind, wenn aus irgendwelchen Gründen die Balken nicht über die Stiele gelegt werden können, vergleiche die oben angezogene Stelle.

b) Unterſtützung durch Freiſtützen.

4. Freie Mittelſtützen.

In der Regel wird man die Balken einer Decke ſo legen, daſs ſie die kleinere Abmeſſung des zu deckenden Innenraumes frei überſpannen. Wird dieſe aber zu groſs, um noch mit den zweckmäſsig zu verwendenden Balkenmaſsen überdeckt werden zu können, ſo muſs man für die Balken noch Mittelunterſtützungen anordnen.

Solche Mittelunterſtützungen der Balken werden letztere in der Regel rechtwinkelig kreuzen. Da die Balken aber nach der kleineren Raumabmeſſung gelegt waren, ſo werden dieſe Unterſtützungen nunmehr die gröſsere Weite zu überſpannen und die groſsen von den Balken geſammelten Laſten zu tragen haben. Für dieſe unterſtützenden Träger, welche, je nachdem ſie die Balken durch Anhängen oder Auflagern aufnehmen, bezw. Ueberzüge oder Unterzüge heiſsen, wird man ſonach ganz beſonders groſser Tragfähigkeit bedürfen; man wird daher häufig in die

[11]) 2. Aufl.: S. 199 u. ff.

Digitized by Google

Lage kommen, die Ueberzüge und Unterzüge in gewiſſen Abſtänden ihrerſeits wieder durch andere Konſtruktionsteile unterſtützen zu müſſen.

Dieſe Unterſtützung der Ueber- und Unterzüge erfolgt auf zweierlei Weiſe, entweder:

1) Von oben, durch Anhängen an den Dachſtuhl; dieſe Unterſtützungsart kann in der Regel nur in der Dachbalkenlage erfolgen und wird im nächſten Hefte (Abt. III, Abſchn. 2, unter E: Dachſtuhlkonſtruktionen) dieſes »Handbuches« behandelt werden; ſie läſst den darunter befindlichen Innenraum vollkommen frei.

2) Von unten durch Auflagerung auf geſondert gegründete Freiſtützen, deren eiſerne Säulen oder hölzerne Stiele die völlig ungeſtörte Benutzung der Räume bis zu gewiſſem Grade beeinträchtigen. Ein einfaches Tragwerk dieſer Art zeigt Fig. 9.

Fig. 9.

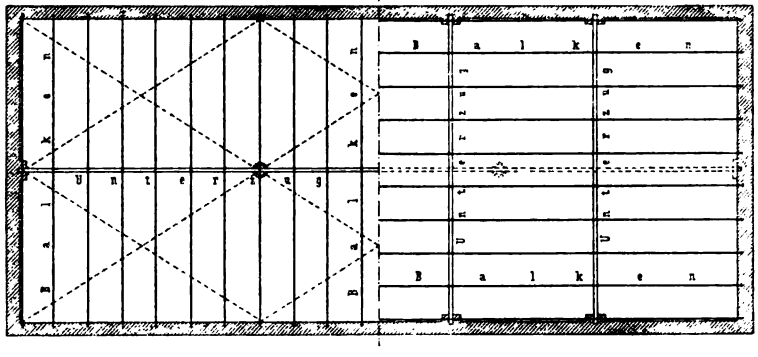


Fig. 10.

Der ganze Raum iſt dabei nur durch zwei Freiſtützen und den unter der Decke ſichtbaren Längsunterzug geſtört, enthält auſserdem vielleicht an den kurzen Seiten zwei Wandvorlagen zur Aufnahme der Endauflager des Unterzuges.

Iſt das Aufſtellen von Freiſtützen in den Räumen nicht zuläſſig, auch das Anhängen an das Dach unmöglich, ſo bleibt als letzte Anordnung der Unterſtützung die Spannung einer gröſseren Zahl von Unterzügen nach der kurzen Raumabmeſſung in ſolcher Teilung übrig, daſs die Balken nunmehr der Länge des Raumes nach von Unterzug zu Unterzug geſtreckt werden können, wie in Fig. 10. Dieſe Anordnung zeigt auch das durch Fig. 598 bis 602 (S. 221 bis 226) in Teil III, Bd. 1 (Art. 319[12]) veranſchaulichte Beiſpiel 2.

Die Unterzüge werden als Balken oder gegliedert aus Holz oder Eiſen nach denjenigen Regeln ausgebildet, welche bezüglich der »Träger« in Teil III, Bd. 1 (Abt. I, Abſchn. 2, Kap. 3 u. Abſchn. 3, Kap. 7) dieſes »Handbuches« gegeben ſind.

Die Unterzüge können auf die Freiſtützen in gewöhnlicher Weiſe im Schwerpunkte des Stützenquerſchnittes aufgelagert werden, wenn die Stützen nur durch ein Geſchoſs reichen. Müſſen ſie durch mehrere Geſchoſſe durchgeführt werden, ſo iſt es für Eiſenkonſtruktionen in der Regel, für Holzbauten ſtets unzuläſſig, Unterzug und Balken oder einen von beiden auf die untere Stütze zu lagern und dann die obere Stütze auf die Träger zu ſetzen, da hierdurch die Laſtübertragung in den Stützen verſchlechtert und die Steifigkeit der oft ſehr hohen Konſtruktion gegen ſeitliche Verdrückungen weſentlich beeinträchtigt wird. Bei Holz iſt dieſe Unterbrechung der Stützen beſonders gefährlich, weil hier durch das Einlegen von Querholz in das Langholz der Freiſtützen erhebliche Sackmaſse entſtehen. Hätte z. B. ein Lagerhaus 5 Obergeſchoſſe und in jedem derſelben Unterzüge von 32 cm und Balken von

[12]) 2. Aufl.: Art. 329 u. Fig. 616 bis 620 (S. 253 bis 259).

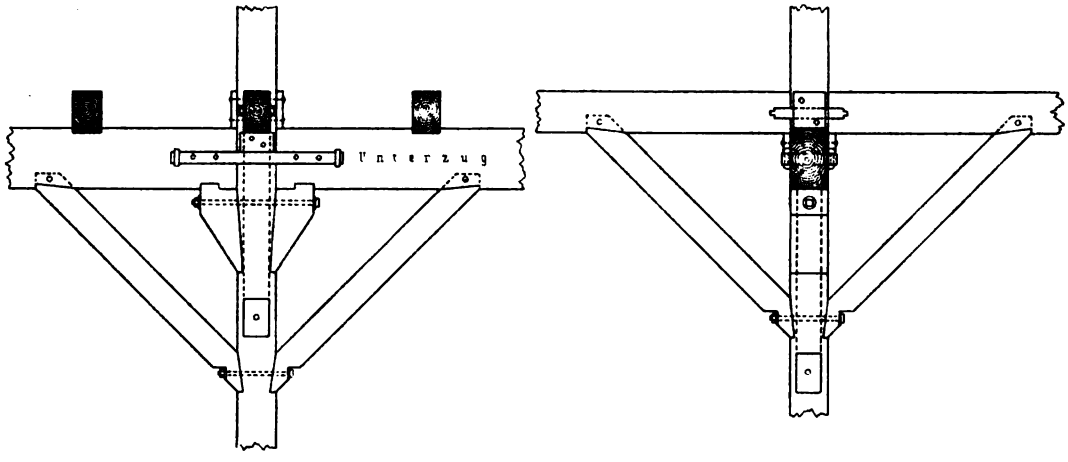
Digitized by Google

25 cm Höhe, welche die Freiſtützen unterbrechen, ſo befänden ſich in der Stützung des Fuſsbodens des oberſten Geſchoſſes 5 (32 + 25) = 285 cm Querholz; nimmt man nun an, daſs das Querholz ſeine Höhe durch Eintrocknen und Zuſammendrücken durch die Freiſtützenbelaſtung auch nur um 3 Hundertſtel verringert, ſo entſtände im oberſten Geſchoſſe ſchon ein Sackmaſs von $3 \frac{285}{100} = 8{,}55$ cm, welches den Boden dieſes Geſchoſſes ernſtlich gefährden würde.

5. Hölzerne Freiſtützen.

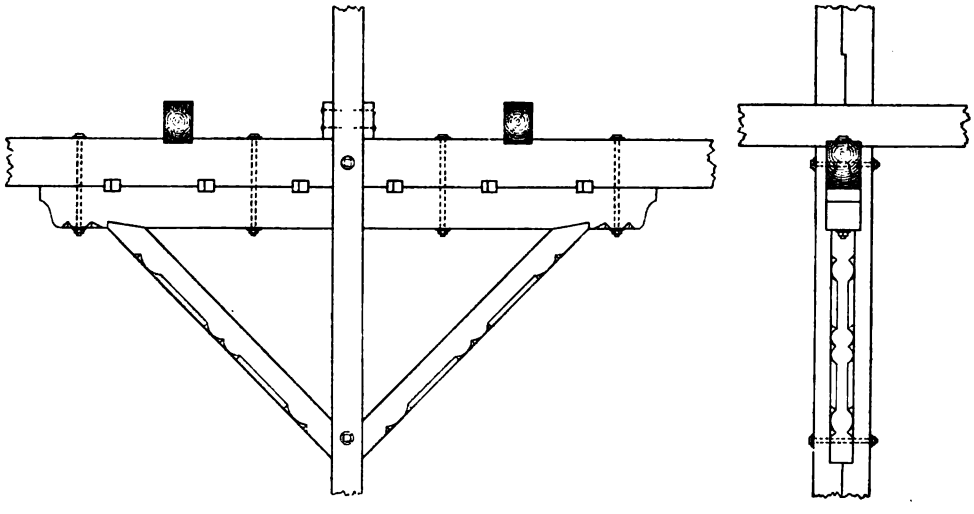
Beiſpiele der Unterſtützung von Unterzügen und Balken mittels hölzerner Freiſtützen zeigen Fig. 11 bis 15. In Fig. 11 iſt der Unterzug aus einem ſtarken Balken, nötigenfalls verzahnt oder verdübelt, gebildet, welcher mitten vor die durchgehende hölzerne Freiſtütze trifft, die man wohl auch Stiel, Pfoſten oder

Fig. 11.



Ständer nennt. Der Unterzug muſste daher, um den Stiel nicht durch Zapfen zu ſchwächen, mittels angebolzter, verſatzter Knaggen unterſtützt werden. Um jedoch nicht die Sicherheit der Lager dem einen Knaggenbolzen allein anzuvertrauen, ſind die Enden der Unterzugſtücke noch durch zwei mit Krampen befeſtigte Flachſchienen

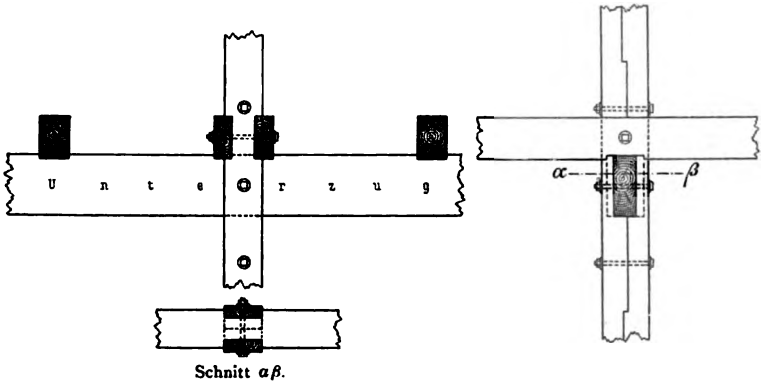
Fig. 12.



Digitized by Google

verbunden. Aufserdem ſind zwei Kopfbänder zur Verſteifung des Stieles eingeſetzt, welche im Stiele aber bloſs Verſatzung, keine Zapfen erhalten. Wie der Unterzug von der einen, ſo ſtöſst von der anderen Seite ein Balken mitten auf den Stiel, welcher gegen dieſen mittels zweier Kopfbänder und angenagelter Bohlenſtücke abgeſtützt iſt; die beiden Balkenenden ſind durch zwei Eiſenklammern verbunden. In Balkenhöhe ſind noch zwei Bohlenſtücke an den Stiel genagelt, um die Fuſsbodenbretter lagern zu können. Obwohl der Stiel hier ungeſchwächt durchgeht, iſt die Anordnung doch eine mangelhafte, weil das Durchſchneiden ſowohl des Unterzuges, wie des Balkens die wirkſame Verankerung der Stiele und Wände weſentlich beeinträchtigt. Das Durchſchneiden des Unterzuges hat aufserdem die Folge, daſs die Ausnutzung der Vorteile unmöglich wird, welche durch Anordnung überkragender Gelenkträger erreicht werden können.

Fig. 13.

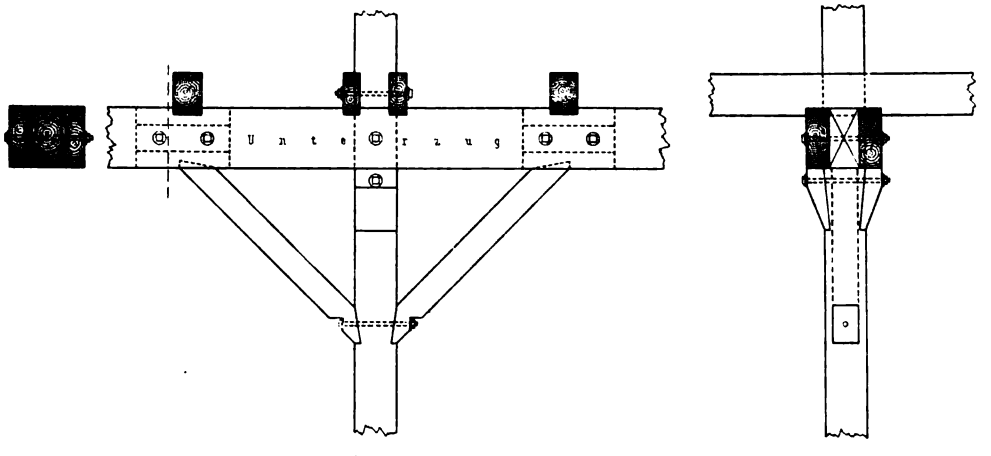


Schnitt $\alpha\beta$.

Auch in Fig. 12 iſt der Unterzug einfach; um ihn nicht durchſchneiden zu müſſen, iſt der Stiel doppelt (verſchränkt) angeordnet. Unterzug und Sattelholz liegen in einer Durchbrechung des Doppelſtieles, deſſen Seitenteile gleichwohl unmittelbare Laſtübertragung von oben nach unten ermöglichen. Das Zuſammentreffen von Balken und Stiel iſt dadurch vermieden, daſs der Stiel in die Mitte einer Balkenteilung geſtellt wurde. Die Enden der auf den Stiel ſtoſsenden Fuſsbodenbretter werden durch angenagelte Bohlenſtücke unterſtützt.

Ebenſo iſt in Fig. 13 der Stiel doppelt mit Verſchränkung angeordnet; er nimmt den Unterzug, welcher in der Ueberkreuzung von beiden Seiten ausgeſchnitten iſt, in einer Durchbrechung auf, ſo daſs dieſer, wenn auch geſchwächt, durchläuft.

Fig. 14.



Digitized by Google

Auch der den Stiel treffende Balken ift in diefem Falle nicht durchfchnitten; er ift vielmehr doppelt angeordnet, umfafst mittels Ausfchneidungen den Stiel von beiden Seiten und geftattet zugleich die Lagerung der Bretterenden am Stiele; der Stiel ift nun offenbar nach allen Seiten wirkfam verankert. Wegen der günftigeren Lagerung aller Teile ift vom Anbringen von Kopfbändern abgefehen. Mängel diefer Anordnung find die rechteckige Stielform, welche mit Rückficht auf Zerknicken dem Quadrat gegenüber einen Mehraufwand erfordert, und die Schwächung des Unterzuges in der Stütze, der Stelle eines feiner gröfsten Biegungsmomente, wenn er durchlaufend oder überkragend angeordnet ift.

Wefentlich kräftiger kann man den Unterzug für fchwere Decken ausbilden, wenn man fowohl ihn, als auch den Balken doppelt anordnet (Fig. 14). Er ift in eine flache Ausklinkung des Stieles gelegt, im übrigen durch angebolzte Knaggen unterftützt und fomit über der Stütze ganz ungefchwächt. Die beiden Balkenhälften umfaffen auch hier den Stiel beiderfeits mit Ausfchneidungen; zur Abfteifung find zwifchen Stiel und Unterzug wieder Kopfbänder eingefügt, welche unten auf den Stiel treffen, oben aber in den Zwifchenraum des doppelten Unterzuges. Um hier Verfatzung anordnen zu können, wurde zwifchen die beiden Unterzughölzer ein Klotz eingefügt, welcher nach Fig. 14 (Querfchnitt) beiderfeits mit Ohren in die Hölzer eingreift, um in lotrechtem, wie wagrechtem Sinne unter dem Drucke des Kopfbandes gegen Verfchiebung gefichert zu fein.

Von den vorgeführten vier Anordnungen in Holz (Fig. 11 bis 14) entfpricht die letzte den zu ftellenden Anforderungen am beften.

Fig. 15 zeigt eine Holzftieldurchbildung mit eifernen Unterzügen aus den Lagerhäufern des Freihafengebietes in Bremen, welche in äufserft gefchickter Weife dem fünfgefchoffigen Stiele ein ficheres Gefüge giebt, im Querfchnitte den nach unten zunehmenden Laften genau angepafst ift und die Kraftübertragung aus den Unterzügen in den Stiel in der Schwerlinie des letzteren faft vollkommen ficher. Letztere wichtige Eigenfchaft geht namentlich der Anordnung in Fig. 11 völlig ab; denn eine Laftabgabe aus dem Unterzuge an den Stiel in feiner Schwerlinie ift nur in dem einen Falle denkbar, dafs die Auflagerdrücke der beiden an den Stiel ftofsenden Unterzugenden zufällig genau gleich find.

Bei der Bremer Anordnung in Fig. 15 werden zwar die Stielhölzer durchfchnitten und die Unterzüge zwifchen diefelben eingefügt; hier ift dies aber unbedenklich, weil in jedem Boden mindeftens einer der feft miteinander verbolzten Stielteile ungefchwächt durchgeht und zur Verfteifung der durchgefchnittenen dient, weil ferner die eifernen Unterzüge einer mefsbaren Zufammendrückung nicht ausgefetzt find. In einer Länge hätte man die Stiele nur unter Ueberwindung grofser Schwierigkeiten aufftellen können, und die gewählte Anordnung ergiebt eine vorzügliche Stofsanordnung.

Unten ift der Stiel, wie jener in Fig. 8, auf einen Mauerpfeiler im Keller gefetzt; es ift jedoch zunächft eine in Zement verlegte Eifenplatte eingelegt, um eine ebene Aufftandfläche und gute Druckverteilung zu erreichen, und ebenfo treten die Stielhölzer in den übrigen Gefchoffen nicht unmittelbar gegen die Unterzüge, fondern gegen Eifenplatten, welche auch hier zur Nutzbarmachung des ganzen Holzquerfchnittes und zur ficheren Vereinigung der nebeneinander liegenden Hälften doppelter Unterzüge dienen.

Ein wefentlicher Grund für die Wahl der Eichenholzftiele war die Feuerficherheit. Nach Verfuchen der Londoner Feuerwehr kohlt ein Eichenftiel zwar aufsen an, brennt aber wegen Mangels an Sauerftoff nicht eigentlich. Ift er dann durch eine harte Kohlenfchicht gefchützt, fo bleibt er bei Hitzegraden, bei denen gufs-, fchweifs- oder flufseiferne Stiele zu Grunde gehen würden, noch ftundenlang tragfähig [13]).

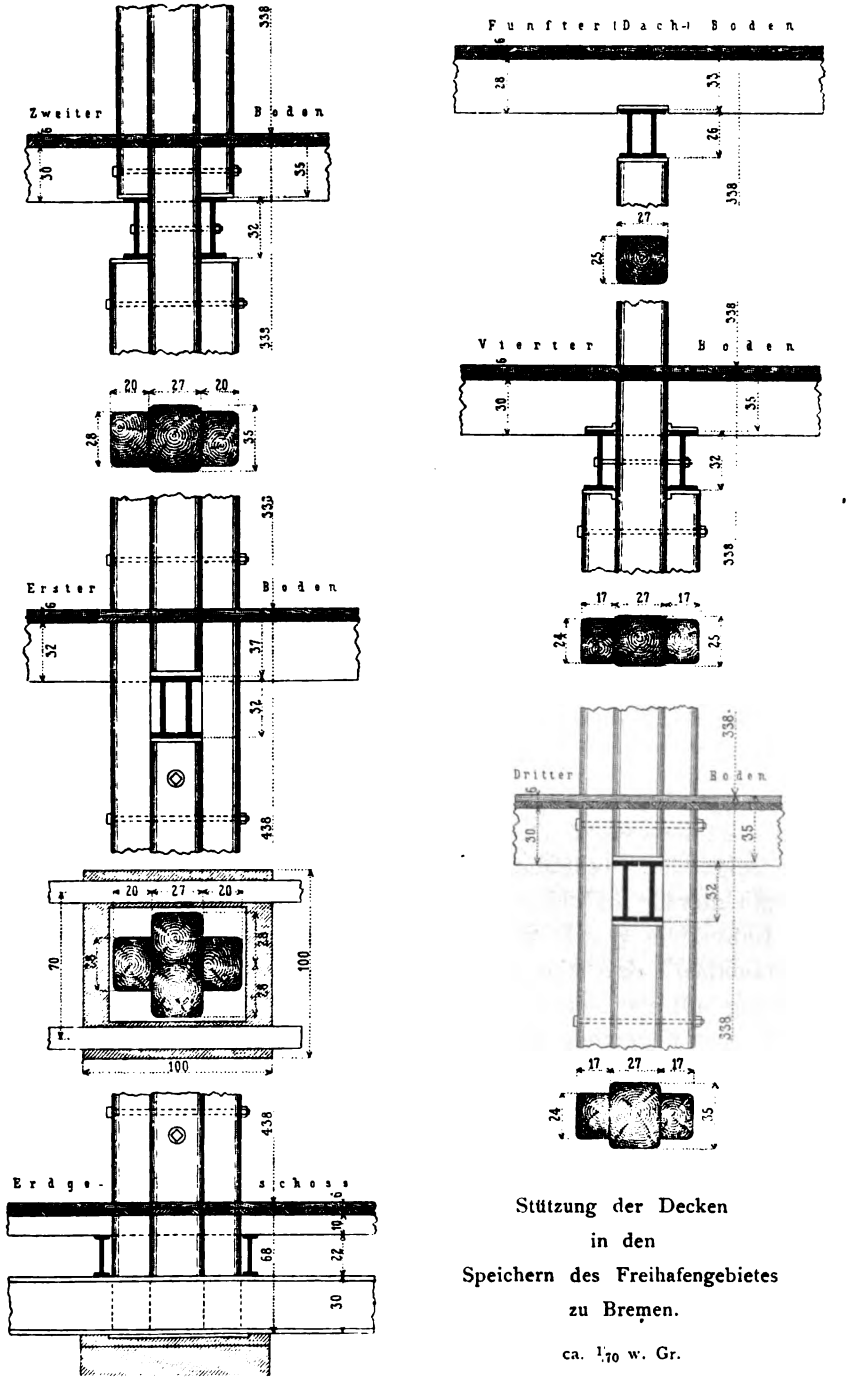
[13]) Siehe auch Teil III, Band 6 (Abt. III, Abfchn. 6, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer) diefes »Handbuches« — ferner: Deutfche Bauz. 1895, S. 60, 137.

Digitized by Google

6. Gufseiferne Freiftützen.

Auch gufseiferne Freiftützen können zur Unterftützung fowohl hölzerner, wie eiferner Unterzüge oder Balken verwendet werden. Die allgemeinen Grundfätze find hier diefelben, wie bei Holzbauten; vor allem foll auch hier der ungefchwächte Stützenquerfchnitt thunlichft ohne Abweichung von der Lotrechten durchgeführt werden. Ganz befonders ift vor ftarker Ausladung belafteter Kapitelle und Fufs-

Fig. 15.



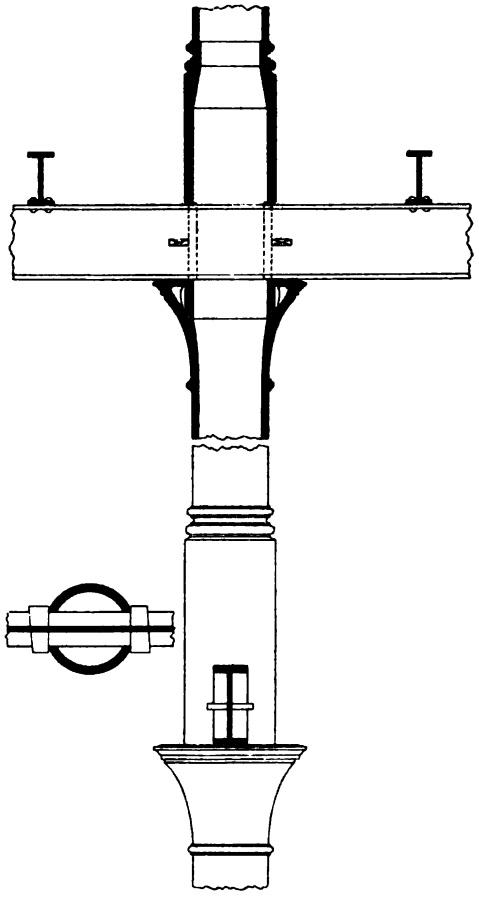
Stützung der Decken
in den
Speichern des Freihafengebietes
zu Bremen.

ca. $\frac{1}{70}$ w. Gr.

Digitized by Google

profile zu warnen, da ſolche unter der Laſt bereits thatſächlich abgeſchert und ſo Anlaſs zum Einſturze wurden, wobei ſich die Stützenteile, wie die Auszüge eines Fernrohres, ineinander ſchoben. Sockelprofile ſollen daher in ſchlanker Ausweitung nur wenig ausladen (Fig. 16). Sind aus äſthetiſchen Rückſichten ſtarke Ausladungen verwendet worden, ſo müſſen ſie entweder durch Ummantelung hergeſtellt oder im Inneren durch nach dem Mittelpunkte gerichtete Verſteifungsrippen gegen Bruch geſichert werden (Fig. 17 u. 23). Ausladende Kapitellteile ſollen niemals die obere Stütze, ſondern höchſtens die Laſt des Unterzuges ihres Geſchoſſes aufnehmen. Dies wird dadurch erreicht, daſs man, wie z. B. in Fig. 16, den Schaft des oberen Säulenfuſses ſo tief in das Kapitell hineinſteckt, daſs er unmittelbar auf den Schaft des unteren Stützenteiles trifft; dabei ſind geringe, ſchlank zu bildende Ausweitungen wegen der Sockelausladung am oberen Teile meiſt nicht zu vermeiden.

Fig. 16.



1/25 w. Gr.

Auf die Maſsregeln zur Sicherung der Guſsſtützen gegen Feuersgefahr, Luft- oder Waſſerſtrom im Inneren, Umhüllung durch feuerfeſte Körper etc., welche noch in Teil III, Band 6 (Abt. V, Abſchn. 1, Kap. 1, unter a) dieſes »Handbuches« zu beſprechen ſein werden, möge hier noch hingewieſen werden, ſowie auch auf die Notwendigkeit der Fürſorge für ſichere Waſſerabführung aus dem Inneren, ſelbſt dann, wenn das Eindringen von Waſſer in die fertige Stütze ausgeſchloſſen iſt. Es iſt der Fall vorgekommen [14]), daſs ſich die Stützen eines Gebäudes vor Aufbringen des Daches bei anhaltendem Regen mit Waſſer füllten. Der Bau blieb im Winter im Rohbau ſtehen, und im Frühjahre fanden ſich dann mehrere der Stützen in der Formnaht völlig aufgeſprengt. Man ſehe daher in allen hohlen Guſsſtützen Abzuglöcher für Waſſer ſo vor, daſs die Anſammlung desſelben im Inneren überhaupt unmöglich iſt.

Fig. 16 zeigt eine Freiſtütze, welche einen einfachen Unterzug und darauf ruhende Balken von I-förmigem Querſchnitte trägt. Hier iſt angenommen, daſs eine Feldmitte der Balkenteilung auf die Stütze trifft, die ſomit nur mit dem Unterzuge in unmittelbarer Berührung ſteht. Letzterer iſt nun durch ein Loch am Unterteile der oberen Stütze geſteckt und auf der Wandſtärke der unteren Lochbegrenzung gelagert; zwiſchen dem ſcheinbaren Kapitell und dem Unterzuge iſt dagegen ein offener Spielraum geblieben (ebenſo auch in Fig. 23), und die Laſt wird ſomit unmittelbar an die Stütze abgegeben. Die Kapitellbildung iſt lediglich der Ausſchmückung halber erfolgt und könnte aus Zink oder in ganz ſchwachem Guſſe hergeſtellt ſein. Der durchgeſteckte Unterzug iſt durch beiderſeits vorgeſetzte Keile gegen die Stütze unverſchieblich gemacht.

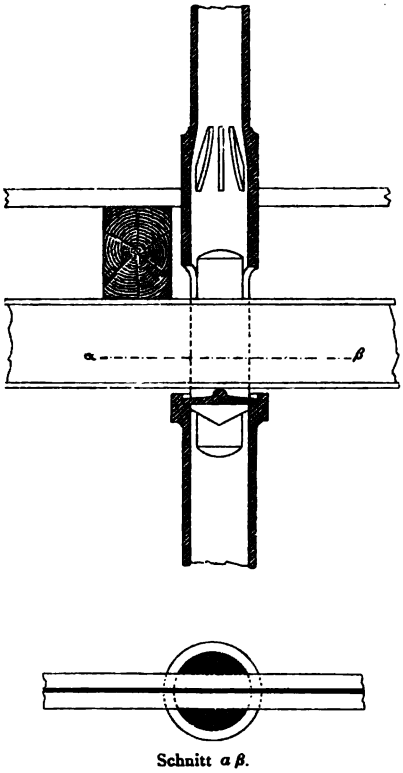
[14]) Siehe: Deutſche Bauz. 1890, S. 608.

Digitized by Google

Von beſonderer Wichtigkeit iſt vollkommener Schluſs der Fuge zwiſchen beiden Stützenteilen, welche zur Verhinderung ſelbſt kleiner Verſchiebungen falzförmig geſtaltet iſt; die Fugenflächen müſſen bei guter Ausführung in beiden Teilen abgedreht ſein, und dichten Schluſs erreicht man, indem man bei leichten Stützen Blei-, bei ſchwereren Kupferringe einlegt.

Dieſe Konſtruktion geſtattet die durchlaufende Anordnung des einfachen Unterzuges, hat aber den für ſchwere Stützen ſehr erheblichen Mangel, daſs der Stützenquerſchnitt durch den durchgeſteckten Träger erheblich geſchwächt wird und daſs bei unvermeidlichen Durchbiegungen des Unterzuges eine ſchiefe (exzentriſche) Belaſtung der Stütze vorwiegend auf dem einen oder anderen Lagerrande entſtehen muſs. Die Balken ſind auf den Unterzug genietet; der Querſchnitt der letzteren muſs alſo unter Abzug der Nietlöcher berechnet werden. Die Gufsform aller Stützenteile iſt, abgeſehen von der Kapitellausladung, ſehr einfach; in letzterer ſind Verſteifungsrippen angedeutet, welche jedoch nur zur Ausführung kommen, wenn das Kapitell Laſten aufzunehmen hat.

Fig. 17.



Schnitt $\alpha\beta$.

Vom Gaſthof »Engliſcher Hof« zu Hildesheim. — 1/25 w. Gr.

Die bezüglich der Anordnung in Fig. 16 gerügten Mängel: ſchiefe Lagerwirkung des Unterzuges bei Durchbiegungen und Schwächung der Stütze, ſind in der Ausführungsweiſe nach Fig. 17 vermieden oder doch abgeſchwächt.

Um die Kantenlagerung des durchgeſteckten Unterzuges auf dem unteren Stützenteile bei Durchbiegung zu vermeiden, iſt in den Hohlraum des oberen auf den Rand des unteren zunächſt eine Schneidenplatte von tragfähigem T-Querſchnitte gelegt, welche die Uebertragung des Lagerdruckes vom Unterzuge ſelbſt nach deſſen Durchbiegung genau in der Stützenmitte ſichert. Die Schwächung des oberen Stützenteiles durch die Oeffnung für den Unterzug iſt durch Verdickung des übrig gebliebenen Wandteiles erſetzt. Damit aber der volle Querſchnitt dieſer Verſtärkung durch volles Auffetzen der Unterfläche wirklich zur Wirkung gelangt, iſt dieſelbe Verſtärkung auch auf einige Länge im Kopfe des unteren Stützenteiles niedergeführt.

Eine ganz ähnliche Anordnung für ſchwerere Stützen mit noch beſſerem Ausgleiche der Schwächung des oberen Teiles zeigt Fig. 23. Um die Gufsmodelle zu vereinfachen, iſt hier für das Durchſtecken des Unterzuges ein geſondertes Gufsſtück zwiſchen die untere und obere Stütze eingeſchaltet, welches durch halbkreisförmiges Herumführen der drei Verſtärkungsrippen oben völlig geſchloſſen iſt. Auch unten ſchlieſst ſich das Zwiſchenſtück wieder zum vollen Ringe, ſo daſs es zu einer guten Aufnahme der oberen Stützenlaſt oben und zu guter Verteilung dieſer und der Unterzugslaſt auf den Ringquerſchnitt unten fähig iſt. Die Trägerplatte mit gewölbtem

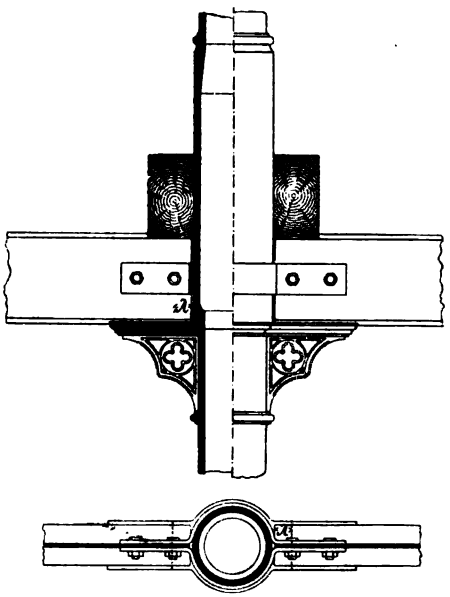
Digitized by Google

Schneidenauflager mufste daher hier auf den Unterrand der zum Durchftecken des Unterzuges beftimmten Durchbrechung des Zwifchenftückes gelagert werden.

Die Anordnung in Fig. 23 dürfte felbft für die fchwerften Stützen allen Anforderungen genügen, folange das Verhältnis der Unterzugsbreite zum Stützendurchmeffer das Durchftecken des Unterzuges geftattet; doch ift in diefer Beziehung zu betonen, dafs man durch geeignete Formung des Zwifchenftückes auch das Durchftecken von Unterzügen ermöglichen kann, deren Breite verhältnismäfsig gröfser ift als in Fig. 23.

Auch wenn der Unterzug auf der Stütze durchfchnitten fein foll, ftatt durchzulaufen, kann man die Anordnung in Fig. 23 mit Vorteil verwenden, da die Lagerung der beiden, fchwach in der Höhenmitte zu verlafchenden Enden eines durchfchnittenen Unterzuges auf die flach gewölbten Schneidenplatten ebenfowohl möglich ift, wie diejenige eines ununterbrochen durchlaufenden Trägers.

Fig. 18.



1/30 w. Gr.

Die Schwächung der Stütze ift in Fig. 18 vermieden, wo infolgedeffen aber der Unterzug nicht durchlaufen kann, fondern von beiden Seiten auf angegoffene Konfolen gelagert werden mufs; in folcher Weife geht die Möglichkeit verloren, den Unterzug durchlaufen zu laffen, und aufserdem wird die Stütze infolge der Lagerung der beiden Unterzugenden fchief belaftet (exzentrifch beanfprucht), wenn der eine Unterzug fchwerer belaftet ift, als der andere (wie in Fig. 11). Die Längsverbindung ift mittels um die Säule gelegter Flachlafchen hergeftellt.

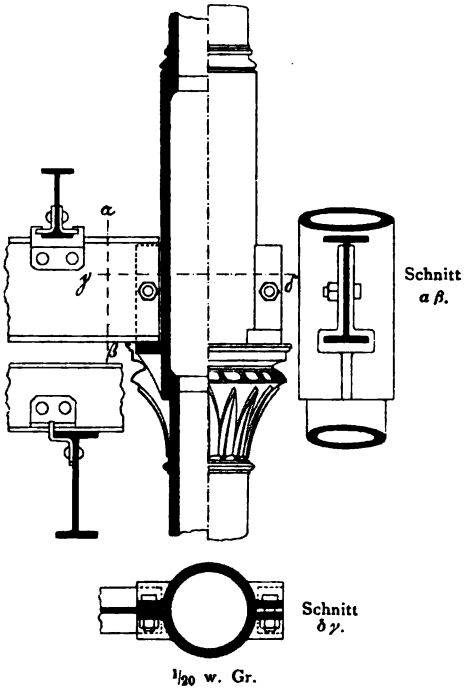
Die Konfolen find in dem durch Fig. 18 dargeftellten Falle angegoffen, werden aber zur Vermeidung der fchwierigen Gufsform häufig gefondert hergeftellt und angefchraubt. Damit die Laftübertragung nicht weit von der Stützenmitte erfolgen kann, follen die Konfolen fo kurz fein (Länge λ in Fig. 18), wie die erforderliche Lagerfläche des Trägers geftattet. Sollen die Konfolen aus äfthetifchen Rückfichten länger fein, fo empfiehlt es fich, die eigentliche Lagerfläche dicht an der Säule erhöht herzuftellen, damit die äufseren Konfolenteile der Laft ficher entzogen werden (in Fig. 18 nur bei genauer Betrachtung zu erkennen). Um feitliche Verfchiebungen zu verhüten, ift auf der Konfolenplatte eine der Unterzugsbreite entfprechende flache Nut hergeftellt.

Das Auffetzen der Säulen ift auch hier nach den obigen Regeln ausgeführt. Der Unterzug trägt hölzerne Balken, welche die Stütze in der zweiten Richtung umfaffen.

Im wefentlichen übereinftimmend mit der in Fig. 18 dargeftellten Anordnung ift die in Fig. 19 veranfchaulichte; doch find dabei einige Verbeffernngen eingetreten. Die weit ausladenden Konfolen find durch kurze, angegoffene, dem Querfchnitte des durchfchnittenen Unterzuges entfprechende Hülfen erfetzt, welche mittels durch-

Digitized by Google

Fig. 19.

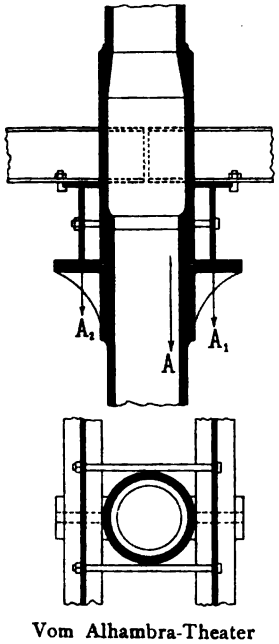


1/20 w. Gr.

geſteckter Bolzen zugleich die Verbindung der beiden Unterzugenden untereinander vermitteln. Nach unten ſind dieſe Hülſen noch durch Rippen abgeſtützt, und dem Auge ſind ſie durch einen Kapitellmantel aus Zinkguſs verdeckt, welcher oberhalb eines angegoſſenen Halsringes umgeſetzt, angeſtiftet und gelötet wird. Die Ausladung für das Sockelprofil der oberen Stütze iſt auch hier durch eine geringe Ausweitung der Säule gewonnen. Um aber den Guſs trotz dieſer Ausweitung und der angegoſſenen Trägerhülſen möglichſt einfach zu geſtalten, iſt zwiſchen den Kopf der unteren und den Fuſs der oberen Säule eine abgeſonderte Trommel mit abgedrehter oberer und unterer Lagerfläche eingeſetzt, bei welcher die Ausweitung gar keine das Anſetzen der Hülſen unerhebliche Schwierigkeiten verurſacht; die Säulen ſind, abgeſehen vom Sockelprofil und Halsband, ganz glatt.

Die eiſernen Balken ſind in Fig. 19 auf den eiſernen Unterzug ſo aufgelagert, daſs keine Verſchwächung der Flanſche durch Niet- oder Bolzenlöcher entſteht, daſs gleichwohl aber die Verſchiebung der Balken gegen den Unterzug nach keiner Richtung möglich iſt. Dies iſt durch Annieten von entſprechend gebogenen und ineinander geklinkten Blechen an die Trägerſtege erreicht.

Fig. 20.



Vom Alhambra-Theater zu London[15]). — 1/20 w. Gr.

Die Mängel der Anordnungen nach Fig. 18 u. 19, nämlich die Unterbrechung des Unterzuges und die Auflagerung auf Konſolen, die wegen der ſchwierigen Kopfform beim Angieſsen nicht immer zuverläſſig ausfallen und auch mittels Verſchraubung nicht ſehr ſicher zu befeſtigen ſind, werden nach Fig. 20[15]) vermieden. Abgeſehen von der geringen Sockelausweitung beſteht die Säule hier aus einem vollkommen glatten Cylinder, welchem nur nahe dem Kopfe ein ziemlich breiter Wulſt angegoſſen iſt. Dieſer nimmt einen die Säule umhüllenden, von oben aufzuſchiebenden kurzen Cylinder mit Konſolenanſätzen auf; der obere Rand der unteren Säule trägt den Fuſs der oberen mittels eines innen angegoſſenen Wulſtes. Auf den Konſolen des umgelegten Cylinders ruht der doppelte Unterzug in entſprechender Nut, und in dieſer ſind die Lagerflächen nach Art der Lagerplatte in Fig. 2 (S. 4) etwas gewölbt, damit die Laſtübertragung auch bei Durchbiegungen möglichſt zentriſch bleibt. Da die Konſolen hier, ſtatt am langen Säulenkörper, an einem kurzen Cylinderſtücke angebracht

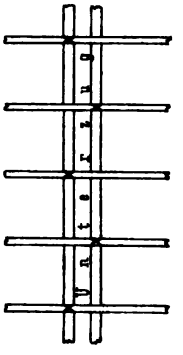
[15]) Nach: *Engng.*, Bd. 37 (1884), S. 539.

Digitized by Google

ſind, iſt ihre Herſtellung, wie diejenige der Säulen, weſentlich vereinfacht und der Guſs zuverläſſiger.

Die in Fig. 20 dargeſtellte Anordnung bedingt die Verwendung doppelter Unterzüge. Lagert man die zu tragenden Balken, wie in Fig. 20 angedeutet, ohne weiteres auf dieſe auf, ſo iſt ſchiefe Belaſtung der Stütze unvermeidlich, wegen der bei ungleicher Belaſtung oder Spannweite der Balkenteile ungleichen Auflagerdrücke A_1 und A_2, deren Mittelkraft A im allgemeinen nicht in der Mitte wirken kann. Auch die Verwendung durchlaufender oder überkragender Balken beſeitigt dieſen Uebelſtand nicht, da die Durchbiegungen der Balken auch dann noch verſchiedenartige Belaſtung der beiden Unterzughälften hervorrufen.

Fig. 21.

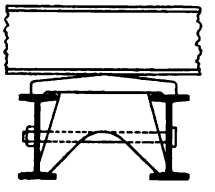


Zwei Verfahren zur Abmilderung, bezw. Beſeitigung dieſes Uebelſtandes doppelter Unterzüge, welcher Anlaſs zu weſentlichen Verſtärkungen der Stützen iſt, geben Fig. 21 u. 22 an.

In Fig. 21 iſt jeder Balken mittels zwiſchengelegter Platte nach Maſsgabe der eingetragenen Kreuze nur auf einer Hälfte des Unterzuges gelagert. Bei entſprechender Verteilung der Lager kann hierdurch die Ausgleichung der Auflagerdrücke A_1 und A_2 bis zu gewiſſem Grade erzielt werden, völlig aber ſchon aus dem Grunde nicht, weil die durch die Art der Lagerung bedingte Verſchiedenheit der Spannweiten zweier benachbarter Balken ſelbſt bei ganz gleichförmiger Belaſtung eine geringe Verſchiedenheit der Belaſtung beider Unterzughälften hervorrufen muſs.

Wirkſamer iſt das Einfügen von gewölbten Unterlegplatten zwiſchen Unterzug und Balken nach Fig. 22, welche die faſt vollkommen gleichmäſsige Laſtverteilung auf beide Unterzughälften für alle Verhältniſſe ſichert. Die Platte iſt dabei ſo geformt, daſs die Laſtübertragung gerade über dem Stege der Unterzugträger erfolgt und die unten angeſetzte Mittelrippe, zugleich eine Verſtärkung der Lagerplatte, die ſichere Abſpreizung beider Unterzughälften und die unmittelbare Belaſtung auch der unteren Gurtungen der Unterzugträger bewirkt.

Fig. 22.



Es leuchtet ein, daſs die beiden Anordnungen in Fig. 21 u. 22 ſowohl für über den Unterzügen durchgeſchnittene, wie auch für durchlaufende Balken verwendbar ſind.

Wird der Zwiſchenraum ausgemauert oder mit Beton ausgeſtampft, ſo kann man eine gewöhnliche Lagerplatte mitten auf dieſe Ausfüllung legen oder die Ausfüllung ſelbſt wölben und mit Zement abputzen.

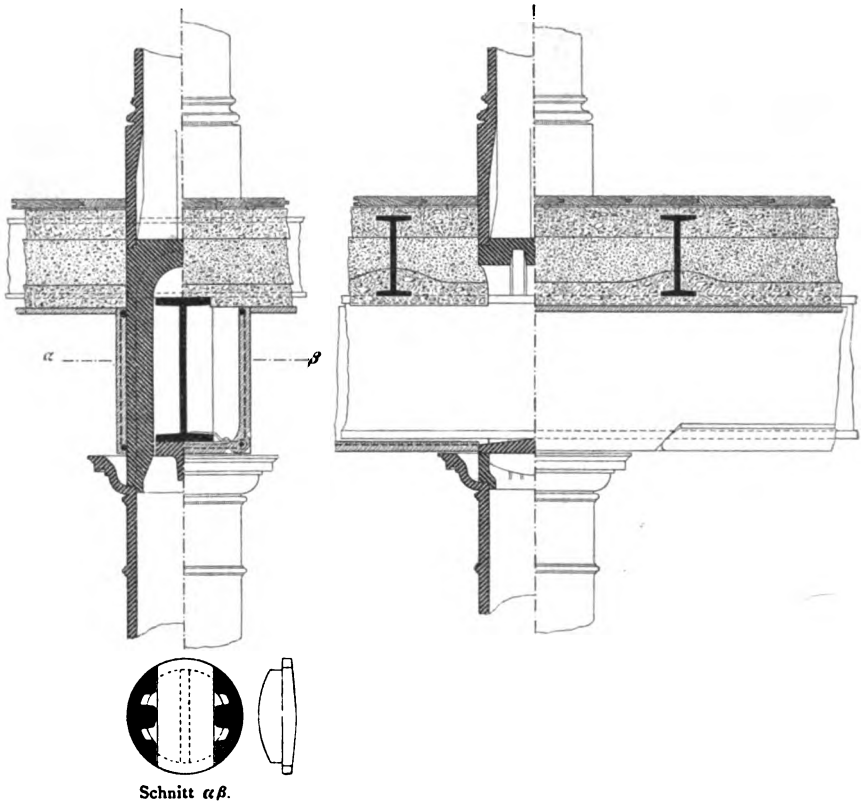
Uebrigens entſpringt die Verwendung doppelter Unterzüge nicht allein der Rückſicht auf möglichſt günſtige Geſtaltung der Auflagerung auf den Stützen; ſie iſt in ſehr vielen Fällen eine Notwendigkeit, weil die ſchweren, vom Unterzuge aufzunehmenden Einzellaſten bei einfacher Anordnung des letzteren eine übermäſsige Trägerhöhe bedingen würden.

Eine beſonders gute Anordnung für einfache Unterzüge auch ſchwerer Decken zeigt Fig. 23, die oben bereits (zuſammen mit Fig. 17) kurz erwähnt wurde und in welcher nebenher noch einige ſpäter zu erläuternde Teile dargeſtellt ſind. Die Anordnung greift im weſentlichen auf die in Fig. 16 u. 17 veranſchaulichte zurück. Auch hier iſt der einfache Unterzug durch eine Oeffnung in der Stütze geſteckt;

Digitized by Google

die Mängel, die hierdurch in Fig. 16 entſtanden, ſind aber in Fig. 23 vermieden. Zunächſt befindet ſich die Oeffnung in einem beſonderen Zwiſchenſtücke, deſſen geringe Länge ſchwierigere Gufsform und damit einen Querſchnittserſatz für die durch die Oeffnung fortgenommenen Wandteile geſtattet. Im Schnitte $\alpha\beta$ ſind die drei Innenrippen zu erkennen, welche dieſen Erſatz bieten und, nach den beiden Längenſchnitten oben halbkreisförmig geſchloſſen, zugleich eine Brücke bilden, durch

Fig. 23.



Schnitt $\alpha\beta$.

welche die über der Oeffnung wirkenden Laſtteile der oberen Stütze nach den verſtärkten Seitenteilen hin übertragen werden. Der Unterzug lagert nun nicht, wie in Fig. 16, auf den unteren Rändern der Oeffnung; zu ſeiner Auflagerung iſt vielmehr eine beſonders dargeſtellte, oben gewölbte, unten durch eine Rippe verſtärkte Auflagerplatte in die Oeffnung eingelegt, welche ſelbſt bei ganz ſchiefer (exzentriſcher) Belaſtung des Unterzuges den Auflagerdruck praktiſch genau in der Stützenmitte aufnimmt und gleichmäſsig auf den unteren Rand der Oeffnung überträgt. Da der einfache Unterzug von den Balken in ſeiner Querrichtung nicht merklich ſchief belaſtet werden kann, ſo iſt hier jede ſchiefe Belaſtung der Stütze ausgeſchloſſen, ohne daſs man der unbequemen und teueren Auflagervorkehrungen in Fig. 21 u. 22 zwiſchen Balken und Unterzug bedürfte.

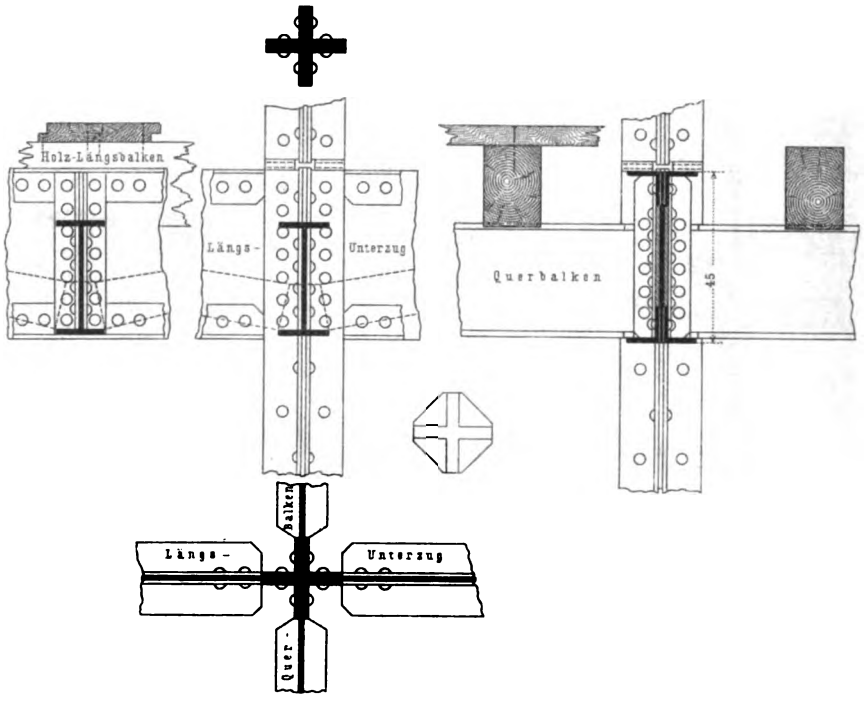
Die Sockelausladung der oberen Stütze iſt hier durch Einziehen des Stützendurchmeſſers gewonnen, was mit Rückſicht auf die nach oben hin abnehmende Belaſtung meiſt möglich ſein wird.

Digitized by Google

7. Flufseiferne Freiftützen.

In neuerer Zeit kommen, wie bereits in Teil III, Band 1 (Art. 277, S. 184 [16]) diefes »Handbuches« gefagt worden ift, flufseiferne Freiftützen [17]) häufiger zur Verwendung, namentlich wenn die Unterzüge genietete Träger find. Bei der grofsen Länge, in welcher die fchwächeren Eifenprofile ausgewalzt werden, kann man diefe Stützen durch viele Gefchoffe ohne Stofs hinaufreichen laffen; da jedoch hierbei eine der von oben nach unten zunehmenden Laft Rechnung tragende Querfchnittsänderung

Fig. 24.



Vom neuen Packhof zu Berlin.
1/20 w. Gr.

nicht möglich ift, fo hat man meift die Zufammenfetzung aus einzelnen Teilen mittels ftarker Verlafchungen in den Schlitzen der Querfchnitte vorgezogen [18]). (Vergl. z. B. Fig. 456 bis 459, S. 166 [19]) in Teil III, Band 1 diefes »Handbuches«.) Diefe hohen Stützen find aber bei der Aufftellung fehr unbequem, ein Umftand, der dazu geführt hat, die Stützen für jedes Gefchofs für fich herzuftellen, die Endflächen abzuhobeln und zwifchen diefe gleichfalls durch Hobeln dem Stützenquerfchnitte entfprechend ausgenutete Druckplatten einzulegen (Fig. 24).

Die flufseifernen Stützenquerfchnitte haben gröfstenteils (mit Ausnahme der z. B. durch Fig. 543, 545 u. 546, S. 191 [20]) die im eben genannten Bande diefes „Handbuches« dargeftellten Schlitze, mittels deren Anfchlüffe erfolgen können. In der Stütze felbft füllen in der Regel Blechftreifen diefe Schlitze, die aber in den

16) 2. Aufl.: Art. 285, S. 208.

17) Ueber das Verhalten beider Eifenarten im Feuer und die Feuerficherheit eiferner Freiftützen fiehe Teil III, Band 6 (Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 1, a: Feuerficherheit der wichtigeren Bauftoffe und Baukonftruktionen), ebenfo Teil I, Band 1, zweite Hälfte, 2. Aufl. (S. 123, Art. 145: Tragfahigkeit der Stützen bei erhöhter Temperatur) diefes »Handbuches«.

18) Ueber Gebäude mit folchen Stützen von mehr als 20 Gefchoffen fiehe: *Engng. news*, Bd. 27 (1892), S. 2, 3, 41, 42.

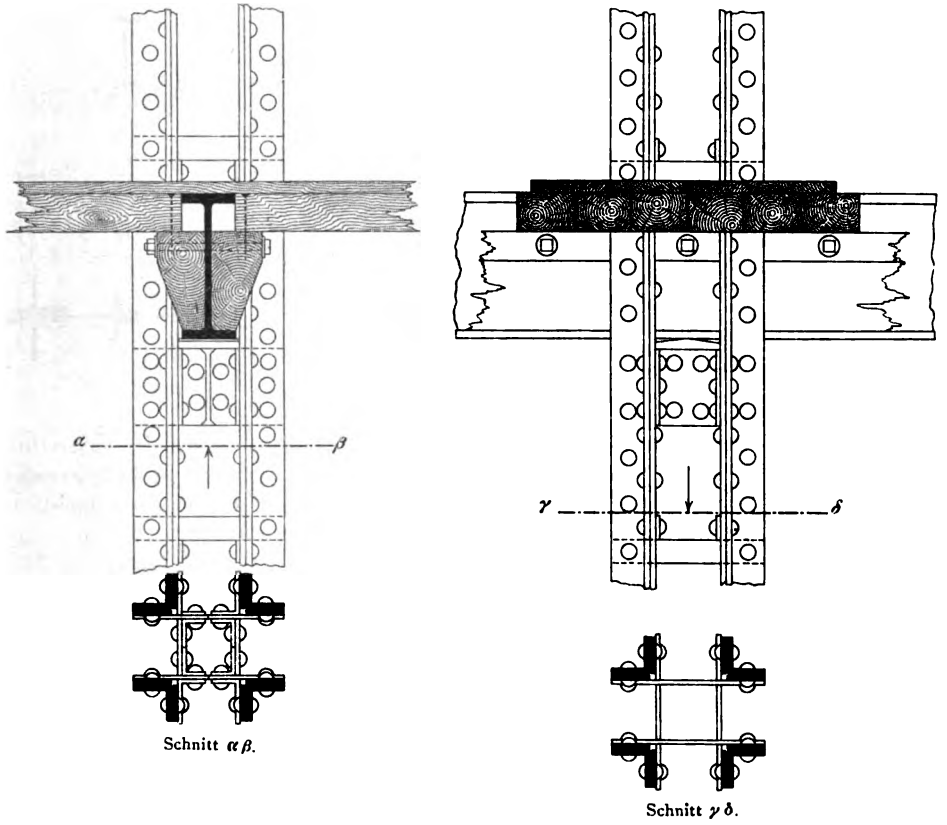
19) 2. Aufl.: Fig. 467 bis 470, S. 180.

20) 2. Aufl.: Fig. 556, 558 u. 559, S. 213.

Digitized by Google

Anſchlüſſen, wenn ſie nur wegen des Widerſtandes gegen Zerknicken zugegeben ſind, wegfallen können. Die Möglichkeit des Anſchluſſes von vier Seiten läſst nun alle die Schwierigkeiten verſchwinden, welche bei der Auflagerung einfacher Unterzüge und Balken auf guſseiſerne und hölzerne Freiſtützen entſtanden; nur ſtöſst auch hier die Anordnung durchlaufender oder überkragender Träger bei manchen Querſchnitten auf Schwierigkeiten, ſo z. B. bei den im letzgenannten Bande auf

Fig. 25.



Schnitt $\alpha\beta$. Schnitt $\gamma\delta$.

S. 191 in Fig. 542, 545 bis 550 u. 552 bis 554 [21]) dargeſtellten Querſchnittsformen. Auch wird durch zwei mit den Enden in einen Stützenſchlitz geſteckte Unterzugteile, z. B. a. a. O. bei Fig. 544 (S. 191 [22]), eine ſchiefe (exzentriſche) Belaſtung der Stütze erzeugt werden können, wenn der eine anſchlieſsende Unterzugteil andere Belaſtung oder Spannweite hat als der andere. Unausgefüllte, offene und enge Schlitze machen die Unterhaltung der an ihnen liegenden Eiſenflächen durch Reinigen und Neuſtreichen ſo gut wie unmöglich und ſollten nach den mit ihnen gemachten ſchlimmen Erfahrungen grundſätzlich vermieden werden.

Fig. 24 zeigt eine derartige Deckenträgerausbildung [23]), deren Geſamtanlage aus Fig. 10 (S. 9) hervorgeht, wenn man dort den geſtrichelten Mittelträger als vorhanden anſieht.

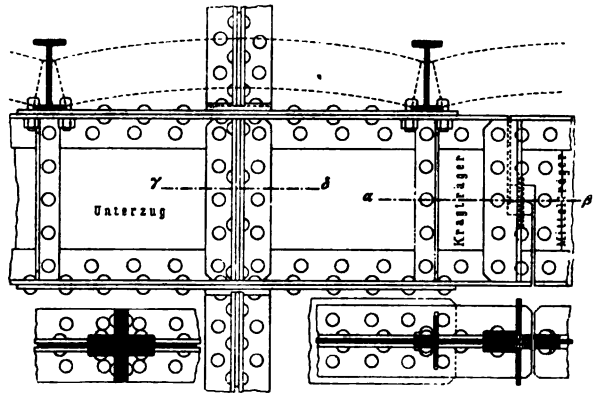
An die +förmigen Stützen ſchlieſst ſich entlang der Mitte des Gebäudes ein genieteter Längsunterzug von 45 cm Höhe; an dieſem, bezw. an der dritten und vierten Seite der Stützen ſind dann die

[21]) 2. Aufl.: S. 213 u. 214, Fig. 555, 558 bis 563 u. 565 bis 568.
[22]) 2. Aufl.: Fig. 557, S. 213.
[23]) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 375.

Digitized by Google

mit den anderen Enden auf die Mauern gelagerten Querbalken in Form von I-Trägern befeſtigt; dieſe tragen ſchlieſslich die hölzernen Längsbalken und auf dem unteren Flanſch noch ſteinerne Kappen nach Maſsgabe des in den folgenden Kapiteln zu Erläuternden. Auf den Holzbalken liegt geſpundeter Bretterfuſsboden. Die Längen der Stützen für die verſchiedenen Geſchoſſe ſind völlig voneinander getrennt; die abgehobelten Kopfenden nehmen ihrem Querſchnitte entſprechend ausgehobelte Blechplatten (Fig. 24) zwiſchen ſich auf, in deren Nuten volle Berührung durch Einlegen von Kupferſtreifen geſichert wird. Das Aufſtellen iſt durch die Teilung in Stücke von Geſchoſshöhe weſentlich erleichtert, da jedes Geſchoſs für ſich erſt vollſtändig fertig gemacht werden kann, ehe man die Stützen des folgenden aufſtellt; zugleich iſt jede beliebige Querſchnittsänderung in den verſchiedenen Geſchoſſen ermöglicht.

Fig. 26.



Schnitt $\gamma\delta$. Schnitt $\alpha\beta$.

Fig. 25, welche den Grundgedanken der Stützung im Brockthorſpeicher zu Hamburg darſtellt, bewahrt die Möglichkeit der ununterbrochenen Durchführung der Unterzüge, indem der verwendete offene Kreuzquerſchnitt Gelegenheit zum Durchſtecken der letzteren gibt.

Fig. 25 zeigt eine durch eingeſetzte Stützwinkel und darauf ruhende abgerundete Lagerplatte hergeſtellte Lagerung der Unterzüge, die ähnlich den Anordnungen in Fig. 17 u. 23 die Laſtübertragung in der Achſe genau ſichert. Veränderung des Querſchnittes iſt durch Einlegen von Verſtärkungsplatten möglich; auch können die L-Eiſen ſelbſt leicht abgeändert werden, wenn man den ſtumpfen Stoſs in Fig. 24 mit eingelegter Druckplatte auch hier durchführt. Die Verbindung der vier Querſchnittsteile iſt nur durch eingenietete wagrechte Flachbänder hergeſtellt, welche bei ſchwer belaſteten Stützen beſſer ſo breit gemacht werden, daſs ſie drei Niete faſſen können. Die zuläſſige Teilung dieſer Verbindungen folgt mit $\frac{\lambda}{2}$ aus der Gleichung 155 in Teil III, Band 1 (S. 188[24]) dieſes »Handbuches«.

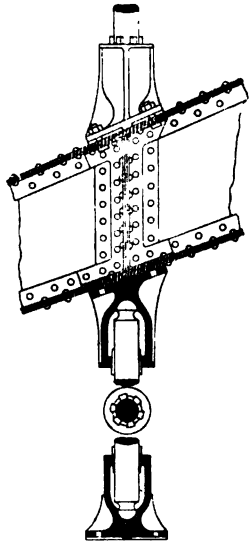
Selbſtverſtändlich kann man in gleicher Weiſe und mit gleichem Erfolge auch die Enden in der Stützenmitte durchgeſchnittener Unterzüge lagern.

Es iſt jedoch nicht ausgeſchloſſen, die Unterzüge, bezw. Balken auch dann in den Lagern auf den Stützen ununterbrochen durchlaufen zu laſſen, wenn der Stützenquerſchnitt die für den Träger erforderliche Lücke nicht beſitzt.

Das erſte Mittel hierzu bildet die in allen Fällen mögliche Anordnung von Doppelträgern, wie in Fig. 20, welche auf in die Schlitze des Stützenquerſchnittes eingenietete, um die Trägerbreite vorkragende Knotenbleche mit Randwinkeleiſen gelagert werden. In dieſer Weiſe ſind die Stützanordnungen des neuen Hafenſpeichers zu Frankfurt a. M.[25]) angeordnet. Hierbei ſind die oben zu Fig. 20, 21 u. 22 erläuterten Maſsregeln gegen ſchiefen Laſtangriff zu treffen.

Ein zweites, in Fig. 26 dargeſtelltes Mittel beſteht darin,

Fig. 27.



Von *Terry*'s Theater am *Strand* zu London.
1/80 w. Gr.

[24]) 2. Aufl.: Gleichung 183, S. 201.

[25]) Siehe hierüber: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 112. — Wochbl. f. Baukde. 1886, S. 108. — Prakt. Maſch.-Konſtr. 1888, S. 1, 49.

Digitized by Google

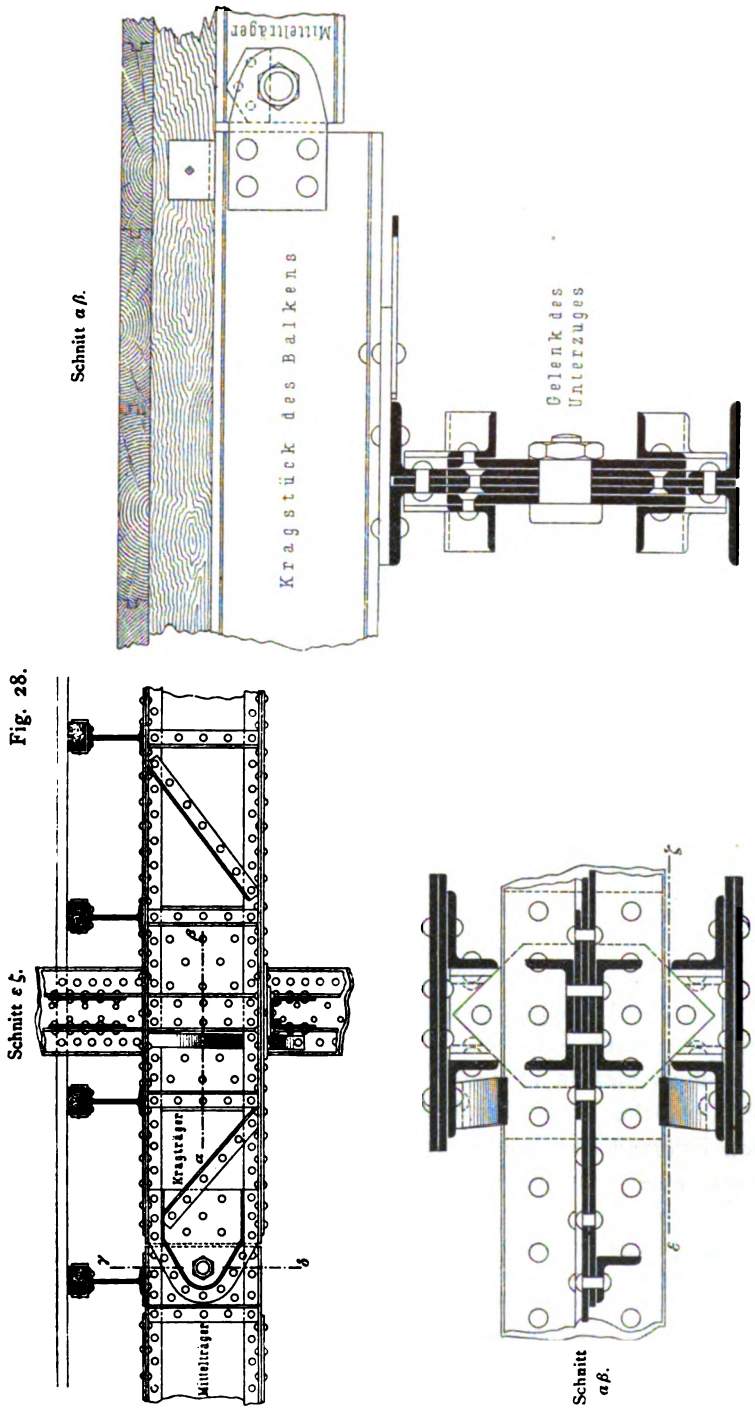


Fig. 28.

daſs man den entſprechend verſteiften Unterzugträger als Teil der Stütze ſelbſt in dieſe einſchaltet.

Die ausgehobelten Druckplatten in Fig. 26 ſind hier auf die obere Gurtung und unter die untere Gurtung des Unterzuges genietet, deſſen Wand an der betreffenden Stelle durch dem Stützenquerſchnitte entſprechende L-Eiſen und Platten (Fig. 26, Schnitt γ δ) ausgeſteift iſt. Die aus I-Eiſen gebildeten Balken liegen auf dem Unterzuge und ſind mit Hakenſchrauben befeſtigt, welche weder den Balken noch den Unterzug ſchwächen, da ſie in Nietlöcher der oberen Gurtung des letzteren eingefügt werden können. Die in Fig. 26, Schnitt α β gezeichnete Gelenkanordnung wird ſpäter näher erläutert werden. Der Unterzug iſt auch unter jedem Balken für die Laſtaufnahme durch zwei L-Eiſen ausgeſteift. Die Balken tragen die eigentliche Decke (hier geſtrichelt angedeutet) in Form einer Auswölbung.

In ähnlicher Weiſe ſind die Kragträger der Ränge in *Terry*'s Theater am *Strand* zu London durch die Stützen durchgeführt [26]). Dieſe eigentümliche, in mehreren Beziehungen beachtenswerte Anordnung iſt in Fig. 27 dargeſtellt.

Zunächſt ſind die Stützen ſelbſt, behufs thunlichſter Erſparung an Raum, mit vollem Kreisquerſchnitte aus Schweiſseiſen gebildet; die Wahl des unvorteilhaften ganz vollen Querſchnittes iſt wohl aus der Schwierigkeit der Herſtellung enger Schweiſseiſenrohre zu erklären [27]). Jeder Stützenteil endigt in einer

[26]) Siehe: *Engineer*, Bd. 44 (1887), S. 283.

[27]) Jetzt würden ſich hier *Mannesmann*-Rohre empfehlen.

Digitized by Google

abgedrehten Halbkugel, welche, in die Halbkugelſchalen der oberen und unteren Gufslager gefetzt, eine gelenkartige Wirkung und genaue Laftübertragung auf die Stütze ſichert. Die Wirkſamkeit der Gelenke iſt jedoch nur während der Errichtung des Gebäudes ausgenutzt, um durch ſie kleine Ungenauigkeiten auszugleichen. Nach Fertigſtellung des Bauwerkes wurden zwiſchen die Stütze und den Rand der die Stütze topfartig umfaſſenden Lagerplatten je 6 Keile eingefetzt, um weitere Bewegungen auszuſchliefsen. Die Rangträger durchſchneiden die Stützen behufs Ausbildung der Treppenform der Sitzreihen in geneigter Lage. Die Grundplatten ſind daher entſprechend ſchief an die Lagertöpfe gegoſſen und tragen auf der Lagerfläche am Träger eine Kreuzrippe, welche, zwiſchen vier auf die Kopf- und Fufsplatten des Trägers genietete Blechabſchnitte greifend, völlige Unverſchieblichkeit ohne Beanſpruchung der Befeſtigungsbolzen ſichert. Zwiſchen je zwei Stützenlagern iſt der Träger auch hier durch aufgenietete Platten und L-Eiſen wirkſam verſteift.

Eine ſehr kräftige Deckenſtützung aus den Speicherbauten der Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Geſellſchaft zeigt Fig. 28.

Der Querſchnitt der Stütze hat die durch Fig. 545 (S. 191 [28]) in Teil III, Band 1 dieſes »Handbuches« angegebene Grundform; nur ſind die beiden Wände mittels Erſatzes der beiden C-Eiſen durch vier L-Eiſen geöffnet, um den Unterzug durch die Stütze ſtecken zu können. Aus zwei Blechplatten nebſt einem ⊓-Eiſen und einer Deckplatte iſt in der Stütze ein Steg für die Aufnahme des genieteten Unterzuges ausgebildet, welcher eine nahezu ſtets genaue Laftübertragung ermöglicht. Der auf dieſen Querſteg gelagerte Unterzug iſt durch zwei ſchräg von der äufseren Stützenwand nach ſeiner oberen Gurtung anſteigende Flacheiſen am Kippen verhindert. Die Stützen laufen von unten bis oben ohne Unterbrechung durch; wo Stöfse durch die Abänderung der Abmeſſungen von Querſchnittsteilen erforderlich wurden, ſind ſie verlafcht. Der Unterzug iſt an der Auflagerſtelle durch zwei Platten und zwei ⊔-Eiſen, für die Balkenauflagerung durch lotrechte und ſchräge L-Eiſen verſteift. Die beiden Stützenhälften ſind durch in der Teilung $\frac{\lambda}{2}$ (ſiehe die in Fufsnote 23 angezogene Gleichung in Teil III, Band 1 dieſes »Handbuches«) eingefetzte Blechverbindungen gegeneinander abgeſteift.

Dieſe Decken haben die auch in Fig. 9 (S. 9) angedeutete wagrechte Kreuzverſpannung der Stützen und Unterzüge erhalten, von welcher in Fig. 28 (Schnitt $\gamma\,\delta$) der Anſchlufs eines Flacheiſens an die obere Gurtung des Unterzuges und zugleich an den mit dem Unterzuge vernieteten Balken ſichtbar iſt.

Die in Fig. 28 dargeſtellten beiden Gelenkanordnungen werden weiter unten beſprochen werden.

8. Einſtellbare Lagerung.

In einzelnen Fällen, z. B. bei der Stützung durchlaufender (kontinuierlicher) Träger, kann die beſonders grofse Genauigkeit der Höhenlage der Stütze gefordert ſein. Da es nun ſchwierig iſt, einen ſchweren Stützkörper ganz genau in die verlangte Höhe zu bringen, ſo mufs man in ſolchen Fällen Vorkehrungen zur nachträglichen Berichtigung treffen, welche unter Zuhilfenahme der Schraube, des Keiles oder auch beider zugleich jederzeit das Nachſtellen geſtatten. Fig. 29 zeigt eine ſolche Einrichtung am Fufse einer gufseiſernen Freiſtütze im Schleſiſchen Bahnhofe in Berlin.

Die Grundplatte iſt zweiteilig geſtaltet, ſo dafs der obere, unten ſchräg begrenzte Körper zwiſchen am unteren Körper befeſtigten Führungen auf- und niedergleiten kann. Zwiſchen beide ſchiebt ſich ein mit Schraubengewinde durchlochtes Keilſtück ein, welches durch Drehung einer in den Führungsbacken an der Unterplatte feſtgelagerten, wagrechten Schraubenſpindel nach beiden Richtungen bewegt, ſomit zum Heben und Senken der Stütze benutzt werden kann.

Die Anordnung hat in dieſer Geſtalt den Mangel ſchiefer (exzentriſcher) Laftübertragung der Grundplatte, welche biegend auf die Stütze wirkt.

9. Verſteifung der Freiſtützen.

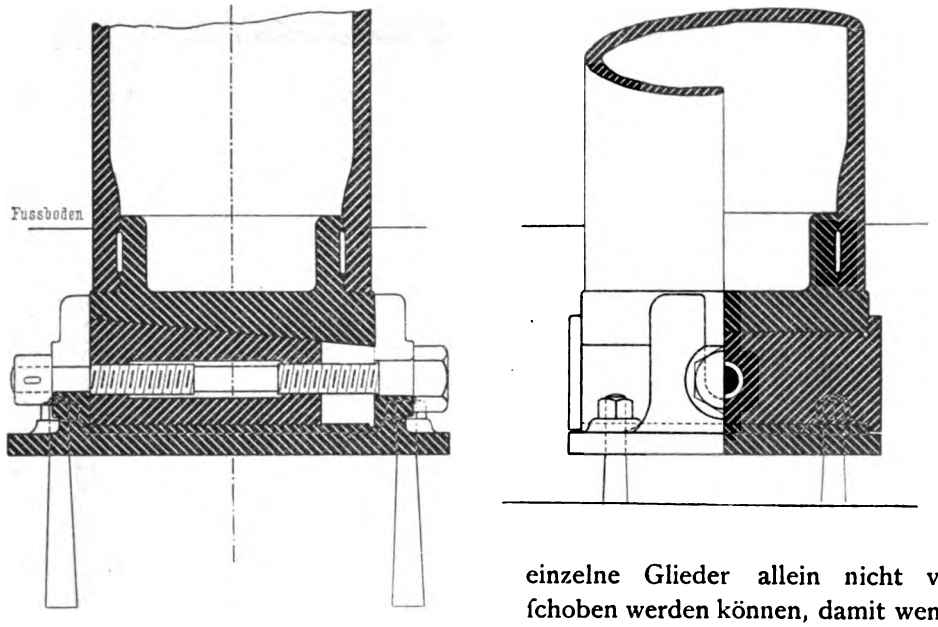
Die Verſteifung der Freiſtützen erfolgt bis zu gewiſſem Grade durch die Unterzüge und Balken, welche erſt der Länge nach verſchoben werden müſſen, ehe die Stütze weichen kann, welche alſo die Stützen gegen einzelne Punkte der Wände

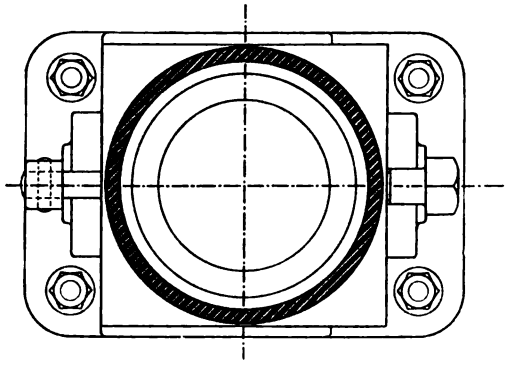
[28]) 2. Aufl.: Fig. 558 (S. 213).

Digitized by Google

verſpreizen. In den meiſten Fällen genügt dies. Ruht aber z. B. ein ſtädtiſches Haus im Erdgeſchoſſe auſser auf den möglichſt ſchwach gehaltenen und zum Teile in dünne, ſchwer belaſtete Pfeiler aufgelöſten Umfaſſungswänden lediglich auf Freiſtützen, ſo erſcheint es erwünſcht, die Balkenlage mit ihren Unterzügen ſchon während der Errichtung des Gebäudes zu einer unverſchieblichen Tafel zu geſtalten, in welcher

Fig. 29.





Vom Schleſiſchen Bahnhof zu Berlin.
$^1/_{12.5}$ w. Gr.

einzelne Glieder allein nicht verſchoben werden können, damit wenigſtens die volle Ausdehnung der Wände zur Verſteifung der Stützenköpfe ausgenutzt wird. Dies iſt zu erreichen, indem man Bandkreuze aus Flacheiſen, von den Stützen ausgehend, unter oder über den Balken, bezw. Unterzügen befeſtigt, durch welche in wagrechtem Sinne Dreiecksverband entſteht. Dieſe in der Deckenausbildung leicht zu verſteckenden Bänder ſind ihrer Lage nach in Fig. 9 (S. 9) geſtrichelt angedeutet, und ein Beiſpiel des Anſchluſſes eines derartigen Bandes an einen Balken und Unterzug zugleich zeigt Fig. 28.

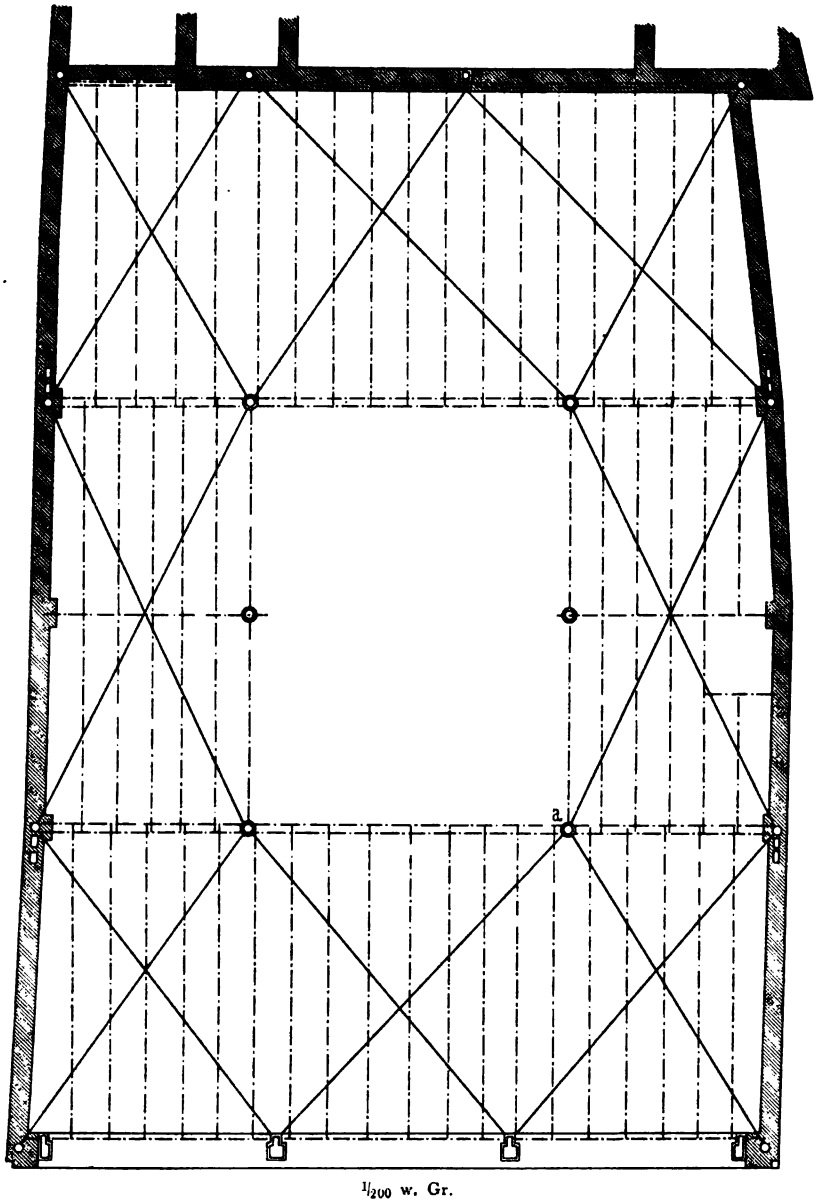
Ein derartiger wagrechter Verband erweiſt ſich namentlich in allen Geſchoſſen der groſsen Verkaufs-Geſchäftshäuſer der Neuzeit als dringend empfehlenswert, welche gar keine Innenwände mehr beſitzen, vielmehr vom Fuſsboden des Erdgeſchoſſes bis unter das Dach einen einzigen Raum bilden, der in der Mitte völlig offen bleibt und nur an den vier Seiten durch Umgänge bildende Decken wagrecht geteilt iſt. In ſolchen Bauten iſt das wagrechte Abfangen der Freiſtützen gegen die Umfaſſungs-

Digitized by Google

wände ſchon beim Aufſtellen kaum entbehrlich, weil die Stützen ſonſt bei der bedeutenden Höhe ſchwer genau in das Lot zu bringen ſind.

Ein ausgeführtes Beiſpiel dieſer Art vom Geſchäftshauſe *Löbenſtein & Freudenthal* in Hildesheim (Arch.: *Braul*) zeigen Fig. 30 bis 33.

Fig. 30.



1/200 w. Gr.

Vom Geſchäftshauſe *Löbenſtein*

Der Grundriſs (Fig. 30) zeigt in dieſem Falle nur drei Wände; die Vorderwand enthält nur zwei gufseiſerne Kaſtenſtützen, welche Unterzüge für die Balkenlagen aufnehmen, ſonſt aber bis zum Dachgiebel, den ſie tragen, ganz frei aufragen. Hier kam es alſo darauf an, auch dieſe Stützen noch feſtzulegen. Jedes Geſchoſs iſt in der dargeſtellten Weiſe mit einem rings um den mittleren, offenen Raum laufenden Netzwerkringe ausgeſtattet, in welchem die Unterzüge und Balken die Steifen bilden, indem ſie durch vor die

Digitized by Google

Fig. 31.

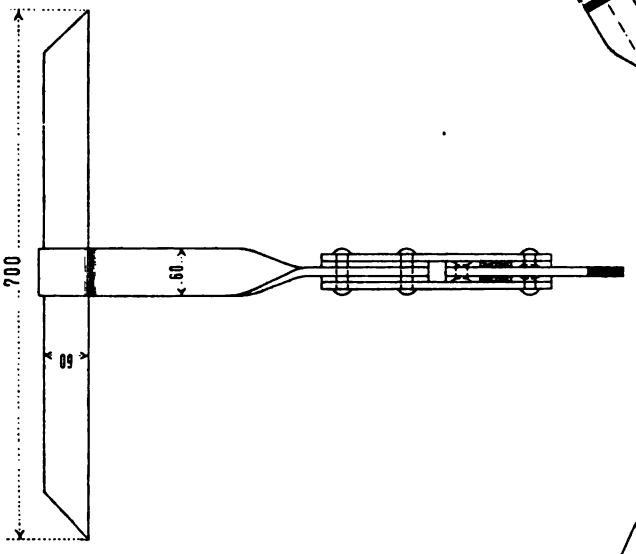


Fig. 32.

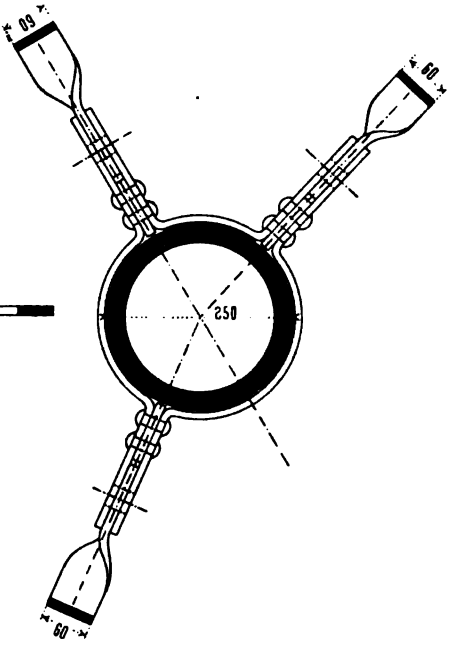
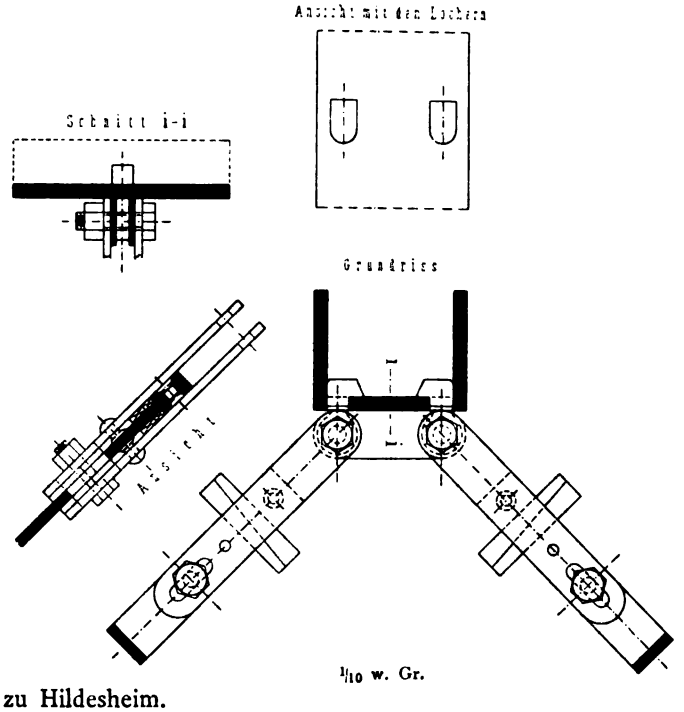


Fig. 33.



& *Freudenthal* zu Hildesheim.

Säulen geſchlagene Splinte und gegenſeitige Verbolzung unverſchieblich gegeneinander und gegen die Säulen gemacht ſind. Vor endgiltigem Feſtlegen ſind die Stützen durch Anziehen der aus Bandeiſen von 1×6 cm Querſchnitt gebildeten, unmittelbar auf den Balken liegenden Diagonalbänder ausgerichtet; dazu ſind dieſe Bänder mit Keilvorrichtungen ausgeſtattet.

Fig. 31 zeigt die Verbindung der Diagonalbänder mit den gemauerten Aufsenwänden. Ein lot-

Digitized by Google

rechter Mauerſplint wird von einer Oeſe gefaſst, deren Eiſen vor der Wand um 90 Grad verdreht iſt. Unter Einfügen zweier Füllſtücke ſind dann zwei Bandeiſen auf das Oeſeneiſen genietet, ſo daſs eine Gabel entſteht. Jede Gabelplatte iſt am Aufsenende durch ein innen aufgenietetes Bandſtück verſtärkt; durch zwei ſolche Bandſtücke iſt auch das Diagonalbandeiſen an ſeinem Ende verſtärkt, ſo daſs beim Einlegen des Diagonalbandes in die Gabel zwei rechteckige Oeffnungen zum Einſchlagen zweier aus Blechabfällen geſchnittener Paſskeile entſtehen, mittels deren man das ganze Netz nach Herſtellung der Verbindungen der Unterzüge und Balken mit den Stützen in ſtraffe Spannung bringen kann.

In Fig. 32 iſt der Anſchluſs des Netzes an die runden Mittelſäulen dargeſtellt. Da ſich Keilvorrichtungen an den anderen Enden der Diagonalbänder befinden, ſo iſt hier nur eine in ihrer Form der Zahl der anzuſchlieſsenden Diagonalbänder entſprechende Bandſchelle um die Säule genietet, deren Lappen die verdrehten Enden der Diagonalbänder zwiſchen ſich aufnehmen, nachdem ſie dicht an der Säule miteinander vernietet oder verbolzt ſind.

Fig. 33 zeigt die Einzelheiten der Verbindung zweier Diagonalen mit den Gufspfeilern der Vorderſeite, in der, wie in den Wandanſchlüſſen, das Anbringen von Keilen nötig war. Zwei Augenhaken werden in zwei Gufslöcher mit den Haken lotrecht eingeſteckt und um 90 Grad verdreht; hierauf werden zwei Flachbänder auf und unter die beiden Augen (Schnitt *i i*) und auf und unter dieſe an jedem Augenhaken die beiden Anſchluſsbleche der Diagonalen gelegt; alle dieſe Teile werden durch zwei eingeſteckte Bolzen verbunden. An die Anſchluſsbänder ſind innen wieder Bandſtücke innen verſenkt angenietet, um eine Hakengabel zu bilden; die Anſchluſsbänder ſind dann aber noch weiter verlängert und hier mit Schlitzlöchern verſehen, um ſie ſchlieſslich mit dem Schrägbande ſo verbolzen zu können, daſs Längenverſchiebungen beim Anziehen der Keile möglich ſind, aber kein Auseinandertreiben der Anſchluſsbleche durch die Keile eintreten kann. In den Wandanſchlüſſen ſind dieſe länglichen Bolzenlöcher nicht vorgeſehen, weil hier das Auseinanderkeilen der Anſchluſsbleche wegen ihrer Vernietung mit den Oefenblechen auf gröſsere Länge überhaupt nicht zu fürchten iſt.

Die Verdickung der Enden der Diagonalbänder durch verſenkt aufgenietete Bandſtücke und das Einſetzen von je zwei doppelten Spannkeilen an jedem Schrägenende findet hier genau ſo ſtatt, wie in den Anſchlüſſen an die Mauern.

Die gewählte Anordnung erfüllt noch die Bedingung, daſs ſie wenig Höhe wegnimmt, was erforderlich war, weil alle Teile in dem die Balken nur wenig überdeckenden Beton unter dem Linoleumbelage der Decken verſchwinden ſollten.

Durch die dargeſtellte Anordnung entſteht ein völlig ſteifes Gefüge in jedem Geſchoſs auch ſchon vor dem Einbringen des Betons in die Balkenfache, wodurch das Aufſtellen weſentlich erleichtert und die Steifigkeit des Gebäudes erhöht wird.

c) Auflagerung der Balken auf Unterzüge, bezw. der Unterzüge auf einen Mittelträger.

10. Durchlaufende Träger.

In der Regel iſt genügende Höhe vorhanden, um die Balken über den Unterzug hinſtreichen laſſen zu können. In dieſem Falle können die Balken als durchlaufende (kontinuierliche) Träger angeordnet, und bei ihrer Bemeſſung kann die Erſparnis ausgenutzt werden, welche die für den durchlaufenden Träger dem Träger auf zwei Stützen gegenüber geringeren Biegungsmomente geſtatten. Das Feſtlegen dieſer Momente müſste mit Rückſicht auf die Durchbiegung des Unterzuges erfolgen, ein Verfahren, welches zugleich mühſam und unſicher iſt. Denn da die Höhenlage des Unterzuges weſentlich auch von den nicht zu vermeidenden Sackungen abhängt, ſo geben die Durchbiegungen allein nicht die richtige Höhenlage der einzelnen Punkte des Unterzuges an. Da nun das gröſste Biegungsmoment des Trägers auf zwei Stützen, wenn nicht aufsergewöhnliche Verſackungen eintreten, ſtets gröſser iſt, als dasjenige des durchlaufenden Trägers von gleicher Oeffnungsweite, ſo wird man für alle gewöhnlichen Fälle etwas zu ſicher verfahren, wenn man die Balken mit gleich bleibendem Querſchnitte als Träger auf zwei Stützen für ihre gröſste freie Weite berechnet.

Dann empfiehlt es ſich aber, dieſe Eigenſchaft nicht bloſs der Berechnung zu Grunde zu legen, ſondern ſie den Balken auch wirklich zu geben, indem man letztere

Digitized by Google

über dem Unterzuge ſo weit durchſchneidet, wie dies mit Rückſicht auf die Verankerung der Wände oder auf die Uebertragung von Längskräften, z. B. in Dachbinderbalken, zuläſſig erſcheint. Denn da die durchlaufenden Träger die gröſsten Laſten auf ihren Mittelſtützen ſammeln — für den Träger auf drei Stützen iſt z. B. bei der gleichförmigen Belaſtung q auf die Längeneinheit und der Stützweite l der Druck auf die Mittelſtütze $= \frac{5}{4} q l$, für zwei zuſammen gelagerte Träger auf zwei Stützen nur $= q l$ —, ſo bringt man die Laſten mittels durchlaufender Anordnung der Balken in höchſt unerwünſchter Weiſe vorwiegend auf die Unterzüge, deren Querſchnitt ohnehin meiſt ſchon unbequem ſtark wird; man entlaſtet dagegen die die Balkenenden tragenden Aufsenmauern, die bezüglich ihrer Tragfähigkeit ſelten ganz ausgenutzt ſind. Sind die Balken aus Eiſen, ſo lege man in jeden einen Stofs über den Unterzug und verbinde die Enden, wenn es nötig iſt, in der Mitte der Steghöhe durch doppelte Flacheiſenſtreifen auf Zug.

11. Befeſtigen durchlaufender Balken auf Unterzügen.

Beim Befeſtigen durchlaufender Balken auf den Unterzügen iſt zu beachten, daſs in der Auflagerung keine Schwächung durch Bolzen oder Nietlöcher in den Flanſchen eiſerner oder durch erhebliche Ausſchnitte in hölzernen Balken eintreten darf, weil in der Auflagerung eines der gröſsten Biegungsmomente wirkt, man alſo den Trägerquerſchnitt um die Schwächung verſtärken müſste. Mittel zur Vermeidung dieſer Schwächung ſind die folgenden.

1) Iſt der Unterzug mit Nieten in der oberen Gurtung zuſammengeſetzt, ſo kann man in die Nietreihen zwei oder vier Hakenbolzen nach Fig. 20 u. 26 einſetzen, welche dann aber die Längsverſchiebung der Balken nur durch Einklemmen verhindern.

2) Eine feſte Vernietung wird durch die in Fig. 28 dargeſtellte Anordnung ermöglicht. Hier iſt zwiſchen Balken und Unterzug eine Platte eingelegt, welche, mit dem zuſammengeſetzten Unterzuge feſt vernietet, ſeitlich ſich ſo weit unter den Balken erſtreckt, bis ſie eine Stelle erreicht, wo das Biegungsmoment klein genug iſt, um die Schwächung des Balkenflanſches durch Nietlöcher zuläſſig erſcheinen zu laſſen.

3) Verträgt der Unterzug ſelbſt auch keine Schwächung, ſo kann man dieſe Balkenanſchluſsplatte umbiegen und an den Steg des Unterzuges nieten, oder

4) man niete nach Fig. 19 an den Steg des Unterzuges, wie des Balkens je eine umgebogene Platte, welche mit Ausklinkungen ineinander greifen; letztere Anordnung verhindert jedoch ein Abheben des Balkens nach oben nicht.

In ſehr vielen Fällen genügt es, die Balken loſe auf die Unterzüge zu lagern, namentlich wenn die übrige Ausbildung der Decke Verſchiebungen der Balken unmöglich macht, wie z. B. in Fig. 23.

12. Kraggelenkträger.

Man kann die Erſparnis des durchlaufenden Balkens mit Sicherheit voll ausnutzen, wenn man ihn als Kraggelenkträger (kontinuierlichen Gelenkträger) ausbildet, da die Momente des letzteren von der Höhenlage der Unterſtützungen unabhängig ſind. Aber auch dieſe Konſtruktionsweiſe vergröſsert die Belaſtung der Mittelſtützen, d. h. der Unterzüge, beträchtlich, und es bleibt daher in jedem Falle zu unterſuchen, ob nicht die Erſparnis an den Kraggelenkbalken durch die notwendige Verſtärkung der Unterzüge mehr als ausgeglichen wird.

Bei den Unterzügen fallen dieſe Bedenken weg, da eine ziemlich bedeutende Mehrbelaſtung, namentlich an ſich ſchon ſchwerer eiſerner Stützen, keine weſentlichen

Digitized by Google

Mehrkoſten verurſacht. Für Unterzüge und dieſe unterſtützende Mittelträger iſt daher dieſe neuerdings mehr und mehr verwendete Konſtruktion wegen der damit verbundenen bedeutenden Erleichterung ſehr zu empfehlen. Deshalb iſt ſchon bei Beſprechung der Beiſpiele für Stützungen von Unterzügen auf dieſen Punkt ſtets beſonders hingewieſen, und auch in Kap. 8 wird bei Ermittelung der Stärke der Deckenteile und Unterſtützungen noch näher hierauf eingegangen werden.

13. Konſtruktion der Gelenke.

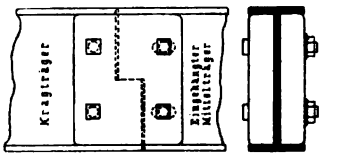
Anordnungen der Gelenke ſolcher Kraggelenkträger, welche nur die Uebertragung von lotrechten Querkräften, nicht von Biegungsmomenten geſtatten, ſind in Fig. 26, 28, 34 u. 35 dargeſtellt.

In Fig. 26 (S. 22) iſt die Blechwand des durchlaufenden Unterzuges falzartig ausgeklinkt und zugleich durch zwei ebenſo geformte Bleche verſtärkt. Im Falze iſt auf dieſe Weiſe eine Lagerfläche von drei Blechdicken gebildet, welche unten einen gewölbten, oben einen ebenen Lagerkörper trägt, ſo daſs ein vollſtändiges Berührungskipplager entſteht. Die beiden Lagerkörper ſind durch einen eingeſetzten Stahldollen, ſowie durch zwei auf die Verſtärkungsbleche genietete L-Eiſen nach allen Richtungen unverſchieblich gemacht. Sollte der eingehängte Mittelträger ſehr lang und ſtarken Wärmeänderungen ausgeſetzt ſein, ſo muſs man die Dollenlöcher an einem Ende etwas länglich machen, damit die erforderliche Beweglichkeit für Wärmeausdehnungen geſichert bleibt. Die Dollen ſind jedoch weniger weſentlich als die ſeitlichen L-Eiſen, und können wegbleiben.

In Fig. 28 (S. 23) iſt ein Gelenk für einen I-Balken gezeichnet. An das überkragende Ende des Balkens ſind zwei Laſchen genietet, zwiſchen deren vorkragende Spitzen ſich die durch ein aufgenietetes Blech entſprechend verſtärkte Wand des Mittelträgers ſchiebt. Durch die Laſchen und den verſtärkten Mittelträger iſt dann der Gelenkbolzen gezogen, welcher nach den in Teil III, Band 1 (Art. 226 bis 229, S. 155 u. ff.[29]) dieſes »Handbuches« für Bolzenanſchlüſſe gegebenen Regeln zu bemeſſen iſt.

Für unverſtärkte Blechwände wird der Bolzendurchmeſſer bei Bolzengelenken übermäſsig ſtark. Beim Unterzuggelenke in Fig. 28 iſt daher die Wand des Kragträgers, wie des Mittelträgers, zunächſt durch je zwei — ſoweit nötig mit verſenkten Nieten — aufgenietete Bleche verſtärkt; dann ſind wieder zwei ſtarke Laſchen an den Kragträger genietet, welche den Mittelträger umfaſſen und den Gelenkbolzen aufnehmen. Auſserdem ſind die Gelenklaſchen mit L-Eiſen geſäumt, und auch im übrigen iſt die Gelenkſtelle mit L-Eiſen thunlichſt verſteift.

Fig. 34.



Häufig wird die Nietarbeit an Walzträgern geſcheut, da ſie die Träger verteuert. Ein Falzgelenk für Walzträger ohne Nietarbeit mit weſentlich verſtärkten Gelenklagerflächen zeigt Fig. 34, wo zur Unterſtützung der unverſtärkten Falzfläche im Trägerflanſch zwei genau eingepaſste Guſsklötze zwiſchen die Flanſche geſetzt und nötigenfalls beweglich — mit länglichen Löchern — eingebolzt ſind. Denjenigen Teil des Auflagerdruckes des Mittelträgers, welchen die kleine Falzfläche nicht übertragen kann, übertragen die beiden Guſsklötze von der oberen Gurtung des Mittelträgers nach der unteren Gurtung des Kragträgers, zugleich ſeitliche Verſchiebungen der Träger gegeneinander verhindernd. Scheut man das etwas mühſame falzartige Abſchneiden der Trägerenden, ſo kann man die Träger auch glatt

[29]) 2. Aufl.: Art. 228 bis 231, S. 163 u. ff.

Digitized by Google

und ſtumpf voreinander ſtoſsen und ſich bezüglich der Auflagerung des Mittelträgers allein auf die eingebolzten Gufsklötze verlaſſen, welche dann ähnlich wirken wie Schienenlaſchen. Sie müſſen deshalb genau in den Zwiſchenraum zwiſchen die Flanſche des Kragträgers paſſen und mittels Bolzen feſt in dieſen eingeklemmt werden, ſo daſs ſie ſich unter der Laſt des eingehängten Trägers nicht verdrehen können. Dieſe Einſpannung der Lagerklötze in das Ende des Krag-

Fig. 35.

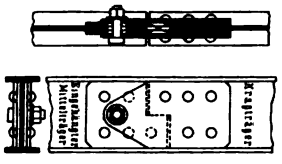
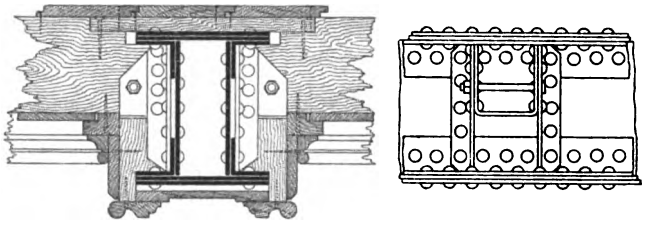


Fig. 36.



trägers muſs um ſo kräftiger, d. h. länger ſein, je länger der Angriffshebel des eingehängten Trägers wird; die Klötze ſollen letzteren daher nur mit der zur Aufnahme des Auflagerdruckes wirklich nötigen Länge unter den Oberflanſchen tragen, ſo daſs der eingehängte Träger ſich auf den Klötzen frei verbiegen kann. Letztere werden daher am beſten von ihrem oberen Ende im eingehängten Träger her nach den Enden der Unterflanſche des Kragträgers weg geſchrägt. Das Einſpannen auch in den eingehängten Träger iſt nicht zu empfehlen, da dies der beabſichtigten Aufhebung jeder Momentenübertragung im Gelenkpunkte widerſpricht.

Fig. 37.

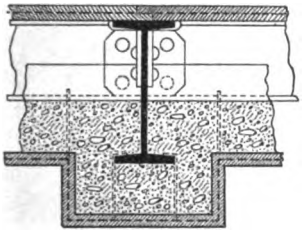
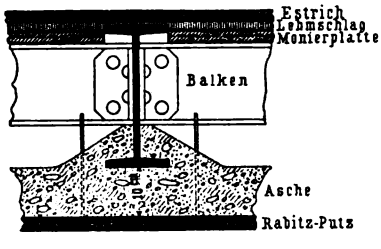


Fig. 38.



Bei einem ſolchen Gelenke, bei dem alle Nietarbeit wegfällt und beide Trägerenden glatt abgeſchnitten werden, liegt der theoretiſche Gelenkpunkt in der Mitte der Länge, mit der die Laſchenklötze unter die Oberflanſche des Mittelträgers greifen.

Die hierbei in den Laſchenklötzen entſtehenden Biegungsmomente dürfen höchſtens 250 kg für 1 qcm Zugſpannung im Gufseiſen erzeugen; auch deshalb iſt die Lagerlänge des eingehängten Trägers auf das äufserſte zu beſchränken.

Fig. 35 zeigt ſchliefslich ein durch aufgenietete Bleche verſtärktes Falzlager für Walzträger ohne die ſtählernen Einſätze in Fig. 26. Die äufseren Laſchen mit dem Bolzen haben hier nur den Zweck, Seitenverſchiebungen zu verhindern; der Bolzen kann alſo ſchwach ſein. Er iſt in ein längliches Loch des Mittelträgers geſetzt, damit dieſer für Wärmeänderungen beweglich bleibt. Die Befeſtigungsniete der Verſtärkungsplatten an der Wand müſſen wegen der beiden äufseren Laſchen zum Teile verſenkt werden.

14. Verſenkte Unterzüge.

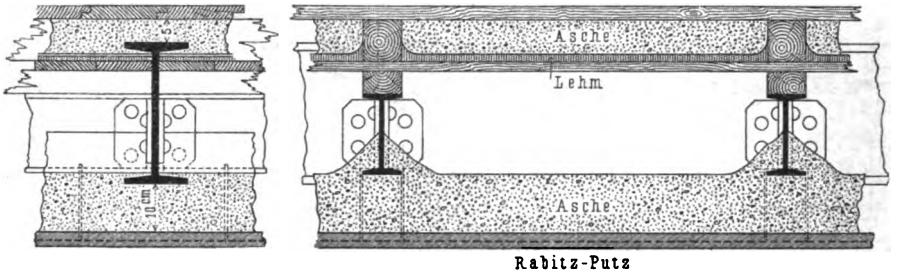
Wird verlangt, daſs die Unterzüge ganz oder teilweiſe in der Decke ſelbſt verſchwinden ſollen, ſo kann man die Balken nicht mehr über jene ſtrecken, ſondern

Digitized by Google

mufs ſie an jeder Seite des Unterzugträgers abſchneiden und befeſtigen. Eine Anordnung, bei welcher ein ſtarker kaſtenförmiger Unterzug faſt ganz in der Balkenhöhe verſchwindet, ſo daſs unten nur ein niedriges Band vorſpringt, zeigt Fig. 36.

Mittels Winkeleiſen ſind hier dem Querſchnitte der Balken entſprechende Blechlager am Unterzuge befeſtigt; die Balken ſind von oben her ſo ausgeſchnitten, daſs, wenn ihre Enden unter die obere Gurtung

Fig. 39.



Rabitz-Putz

des Unterzuges geſteckt werden, die Oberkante über letzteren hervorragt; ein die beiden Balkenenden verbindendes Bohlenſtück geſtattet dann die Befeſtigung der Holzteile des Fuſsbodens auch über dem Unterzuge[80]). Unten iſt der Unterzug durch Leiſten und Bretter verkleidet, welche zugleich die Deckenbretter tragen, ein Beiſpiel der ſpäter zu beſprechenden Holzdecke.

Auch Fig. 24, 37, 38 u. 39 zeigen Beiſpiele von ganz oder teilweiſe innerhalb der Deckendicke untergebrachten Unterzügen für eiſerne Balkenlagen.

2. Kapitel.

Balkendecken in Holz.

15. Beſtandteile.

Die Decke in Holz beſteht aus folgenden zwei Hauptkonſtruktionsteilen:

1) aus den tragenden Balken oder Tramen (Trämen), welche man unter der Bezeichnung Balkenlage zuſammenzufaſſen pflegt, und

2) aus der Ausfüllung der Balkenfache, welche die Decke gegen das Durchdringen des Schalles und der Wärme dicht zu machen hat, auch Fehlboden oder Zwiſchendecke genannt.

Hierzu kommt noch in der Regel:

3) die Decke des unterliegenden Raumes im engeren Sinne, welche den unteren Abſchluſs der ganzen Deckenkonſtruktion bildet.

Ebenſo iſt meiſtens

4) ein Fufsboden vorhanden, welcher auf den Balken ruht, dem Verkehre im oberen Raume dient und den Abſchluſs des letzteren nach unten bildet.

Im nachfolgenden wird hauptſächlich von den beiden zuerſt genannten Konſtruktionsteilen die Rede ſein. Die Decke im engeren Sinne wird inſoweit vorgeführt werden, als ſie des unmittelbaren Zuſammenhanges wegen hierher gehört; doch wird in Teil III, Band 3, Heft 3 dieſes »Handbuches« von dieſem Gegenſtande

[80]) Siehe: *Annales des travaux publics*, Bd. 9, S. 2099.

Digitized by Google

noch eingehend gehandelt werden. Der Fufsboden, welcher häufig die Balkenlage nach oben hin abfchliefst und in der Regel die Aufgabe hat, die Verkehrslaft auf die Balkenlage, bezw. die Lagerhölzer zu übertragen, gehört nicht in den Rahmen diefer Betrachtung, wie fchon in Fufsnote 1 (S. 1) bemerkt wurde; über denfelben ift das Erforderliche im eben genannten Hefte diefes »Handbuches« zu finden; jedoch mufs er auch hier in die Befprechung einbezogen werden, foweit er Einflufs auf die Durchbildung der übrigen Teile hat.

a) Balkenlage.

16. Verfchiedenheit.

Die Balkenlagen werden unterfchieden nach ihrer Höhenlage in:

1) Balkenlage des Erdgefchoffes;

2) Balkenlagen der Obergefchoffe, wobei die das Gefchofs unten begrenzende Balkenlage diefem zugezählt wird;

3) Dachbalkenlage, und

4) Kehlgebälke im Dachftuhle.

Balkenlagen des Erdgefchoffes finden fich nur über fog. Balkenkellern als Erfatz der Kellerwölbung in billig hergeftellten Gebäuden, find jedoch wegen geringerer Dichtigkeit und Haltbarkeit mit der Ueberwölbung nicht gleichwertig. Balkenlagen werden an diefer Stelle namentlich dann verwendet, wenn eine eigentliche Unterkellerung fehlt. Es ift dann der Lüftung und Trockenhaltung des Erdgefchoffes wegen nötig, letzterem eine Balkenlage zu geben, unter welcher der natürliche Erdboden auf eine Tiefe von mindeftens 80 cm befeitigt werden mufs, fo dafs fie einer Kellerbalkenlage ganz gleich wird.

Die Balkenlagen der Obergefchoffe, auch Zwifchen- oder Etagengebälke genannt, ruhen auf den Wänden und dienen zugleich zur Verankerung derfelben gegeneinander.

Die Dachbalkenlage nimmt die Gefpärre des Dachftuhles auf, enthält daher in der Regel einen Balken unter jedem Dachbinder, welcher dann durch Zugbeanfpruchung zugleich die aus dem Dachftuhle etwa entftehenden Schübe aufzunehmen hat.

Kehlgebälke werden von den Kehlbalken hoher Kehlbalkendächer gebildet und teilen den Dachraum in mehrere Höhenabteilungen. Diefe Gebälke haben jedoch meift nur für das Abbinden der Dachbinder Bedeutung; zur Aufnahme von Verkehr wurden fie häufig in den hohen mittelalterlichen Dächern benutzt, in denen der Dachraum zur Anlage von Speicherräumen diente; heute werden fie feltener zu vollen Balkenlagen ausgebildet, meift nur dann, wenn im Dachgefchofs Wohnräume gefchaffen werden follen.

17. Regelmäfsige und verfchoffene Gebälke.

Eine regelmäfsig angelegte Balkenlage foll das Gebäude in feiner kürzeren Abmeffung mittels durchgehender Balken vollftändig durchfetzen; bei Gebäuden mit langer Front, daher geringer Tiefe, werden die Balken hiernach in der Regel winkelrecht, bei fchmalen, tiefen Gebäuden parallel zur Front liegen.

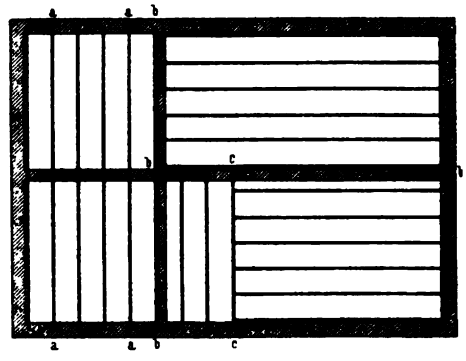
Läfst man die Balken in verfchiedenen Teilen eines Gebäudes nach verfchiedenen Richtungen ftreichen, fo entftehen verfchoffene Gebälke, welche mangelhaft find, infofern fie die durchgehende Verankerung aufgeben und im Zufammenfchnitt der verfchiedenen Gebälketeile, infolge der Einzapfung einer Mehrzahl

Digitized by Google

von Balken der einen Gruppe in den äufserften Balken der benachbarten, fchwache Stellen haben.

Fig. 40 gibt ein in einfachen Linien angedeutetes Beifpiel eines folchen verfchoffenen Gebälkes, in welchem nur die Balken *a a* richtig angeordnet wurden. Die verfchoffenen Balken laufen gegen einen der durchgehenden Balken, in welchen fie mittels Bruftzapfen eingelagert werden. Diefe Bruftzapfen fchwächen nun aber den Balken erheblich. Wenn daher eine verfchoffene Anlage nicht zu vermeiden ift, fo foll man wenigftens dafür forgen, dafs die verfchoffenen Balken dicht vor ihrer Einlagerung in den durchgehenden, wie bei *b b*, durch eine Mittelwand geftützt werden. Balken, wie *c c*, würden, ganz abgefehen von der Schwächung durch die Zapfen, unter Verwendung gewöhnlicher Holzftärken der vom verfchoffenen Gebälke auf *c c* übertragenen Laft entfprechend nicht zu bemeffen fein.

Fig. 40.



Derartige verfchoffene Gebälke werden jedoch dann zur Notwendigkeit, wenn das Gebäude aus mehreren unter einem Winkel zufammenftofsenden Flügeln befteht. In diefem Falle ift die ganze Balkenlage als aus mehreren einzelnen zufammengefetzt anzufehen, deren jede über einem der Gebäudeflügel regelrecht entwickelt ift. Alsdann ift nur darauf zu achten, dafs in den Zufammenfchnitten der einzelnen Gruppen keine zu grofsen Schwächungen oder Belaftungen einzelner Balken entftehen.

In der in Fig. 41 dargeftellten Balkenlage eines beliebigen fchiefwinkeligen Grundriffes find 5 Gruppen zu unterfcheiden.

Von diefen ift zunächft *A* vollftändig unabhängig von den übrigen; es werden nur zur befferen Verbindung der Gebäudeteile die der Tiefe von *A* entfprechenden Balken in den letzten der Gruppe *B* eingezapft und geklammert, was unbedenklich ift, da alle Balken vor der Einzapfung auf einer Mauer ruhen. Die Regelmäfsigkeit von *B* wird nur dadurch unterbrochen, dafs die letzten Balken durch das Treppenhaus und durch den fchrägen Anfchnitt an die Balken von *C* verkürzt werden. Die Balken von *C* ftofsen an beiden Seiten auf die letzten Balken von *B* und *D* und werden dicht hinter ihrem Wandauflager verzapft; die mittleren Balken von *C* greifen gleichfalls nicht durch, fondern werden durch das Treppenloch verkürzt. Die Vereinigung von *C* mit *D* ift diefelbe, wie die von *C* mit *B*. Schliefslich entwickelt fich am anderen Ende des Flügels *D* noch eine Gruppe *E* aus dem Wunfche, den Abfchlufs aus Balken herzuftellen, welche entlang der fchrägen Giebelwand liegen. Wollte man aber alle in Frage kommenden Balken von *D* in einen an die Giebelwand gelegten Balken einzapfen, fo würde diefer zu fchwer belaftet werden. Daher find mehrere Balken parallel zum Giebel angeordnet, und die Balken der beiden Gruppen *D* und *E* find nun wechfelweife ineinander gelagert, fo dafs jeder Balken nur einen anderen aufzunehmen hat.

18. Aufgaben der verfchiedenen Balken.

Die einzelnen Balken einer Balkenlage (Fig. 41) haben fehr verfchiedene Aufgaben zu erfüllen; danach werden die folgenden Arten derfelben unterfchieden.

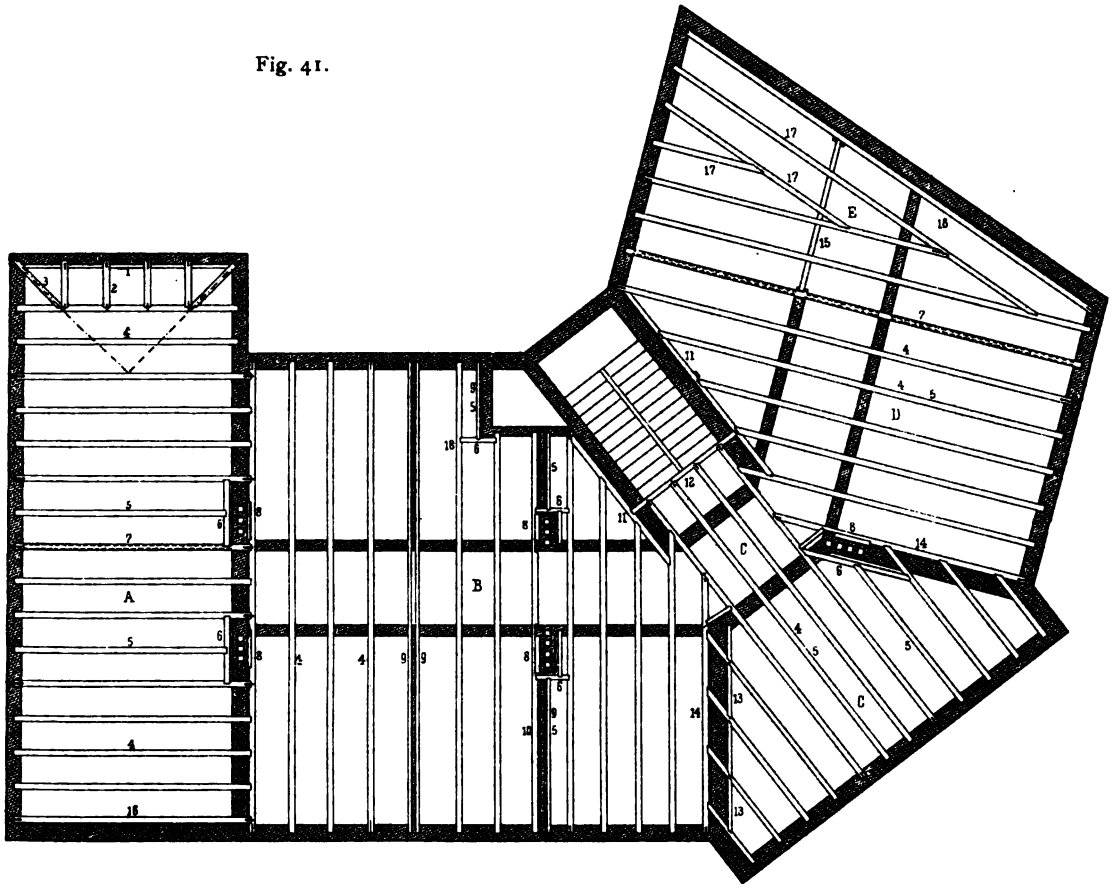
1) Ganze Balken (*4* in Fig. 41) gehen durch die ganze Tiefe des Gebäudes durch, haben daher mindeftens an jedem Ende ein maffives Auflager. Werden fie fehr lang, länger als etwa 15 m, fo werden fie auf einer Mittelwand mittels gewöhnlichen oder franzöfifchen Hakenblattes geftofsen.

Diefe Balken find die ftärkft bemeffenen und werden vorwiegend zur Verankerung der Aufsenwände benutzt. Da diefe Balken aus langen Stämmen gewonnen werden müffen, man von diefen jedoch nicht mehr wegfchneidet, als zur

Digitized by Google

Erlangung vollkantigen Holzes erforderlich iſt, ſo werden die Balken am einen Ende häufig einen gröſseren Querſchnitt haben als am anderen. Sie werden dann ſo gelagert, daſs die Unterkante genau wagrecht liegt, erhalten alſo eine geneigte Lage der Oberkante. Soll auch ein Fuſsboden hergeſtellt werden, ſo iſt für ſeine Lagerung gleichfalls eine wagrechte Oberkante erforderlich; in dieſem Falle gibt man

Fig. 41.



ſolchen Balken einen keilförmigen Aufſchiebling in Geſtalt einer etwa 5 cm breiten Latte, welche überall die durch die gröſste Balkenſtärke feſtgelegte Höhe herſtellt. (Fig. 42.)

2) Stichbalken und Gratſtichbalken (*2* u. *3* in Fig. 41) kommen zur Verwendung, wenn man Balkenköpfe an denjenigen Begrenzungsmauern erforderlich hält, mit denen die Balken parallel liegen. Jeder Stichbalken (*2*) ruht mit einem Ende auf der Mauer, mit dem anderen mittels Bruſtzapfens oder, wenn ein wagrechter Zug auf die Verbindung wirkt, mittels ſchwalbenſchwanzförmigen Blattes mit Brüſtung auf dem erſten ganzen Balken; der Gratſtichbalken (*3*) wird gewöhnlich auf eine Mauerecke und den erſten Balken gelagert.

Dieſe Art von Balken, welche ſelten über den erſten Balken hinausreichen, werden vorwiegend in zwei Fällen verwendet, nämlich:

α) bei Fachwerken auf den Giebelſeiten aller Balkenlagen, wenn hier Rahmholz des unteren Geſchoſſes und Schwelle des oberen getrennt ausgebildet werden ſollen; alsdann kommt der Gratſtichbalken in die Achſe des Eckſtieles zu liegen;

Digitized by Google

β) in Dachbalkenlagen bei Anordnung von Walmdächern, um die Gratſparren und die Schiftſparren des Walmes in die Balkenköpfe verſatzen zu können; alsdann liegt der Gratſtichbalken in der Richtung des Walmgrates.

Die Stichbalken erhalten auf einer maſſiven Mauer in der Regel eine Wand- oder Mauerlatte (*1* in Fig. 41 [31]).

3) Balkenwechſel, Wechſel-, Trumpf- oder Schlüſſelbalken (*6*, *12*, *13* in Fig. 41) ruhen an beiden Enden mit Bruſtzapfen oder ſchwalbenſchwanzförmigem Blatte mit Brüſtung auf anderen Balken.

Sie werden verwendet, wo ein Balken auf ein Hindernis trifft, das ſeine Durchführung unmöglich macht. Der Wechſel überträgt den Stützendruck des ausgewechſelten Balkens, auch Stichbalken genannt (*5* in Fig. 41), auf die beiden Nachbarbalken. Da dieſe im allgemeinen aber ſchon ihrem Querſchnitte entſprechend belaſtet ſind, ſo dürfen ſie unverſtärkt eine Auswechſelung nur in der Nähe eines Wandauflagers tragen. Auswechſelungen, wie bei *18* in Gruppe *B* bedingen daher meiſt eine Verſtärkung des ſtützenden Balkens, wenn letzterer nicht zufällig eine geringe Weite überſpannt.

Fig. 42.

Das gewöhnlichſte Hindernis, welches Auswechſelungen bedingt, bilden die Feuerungsanlagen; die Holzteile dürfen an dieſe nicht unmittelbar herantreten. Die Beſtimmungen hierüber lauten verſchieden, z. B.: alle Holzteile ſollen 20 cm von der Innenfläche der Rauchrohre, oder 7 cm von der Aufsenkante der ½ Stein ſtarken Rohrwangen entfernt bleiben. In manchen Fällen kann man dieſer Vorſchrift durch Ausklinken der Balken (*8* in Fig. 41) genügen; meiſt muſs jedoch der auf die Rauchrohre ſtoſsende Balken (*5*) ganz ausgewechſelt werden.

Auch das Treppenhaus bietet regelmäſsig Anlaſs zur Auswechſelung der auf dasſelbe ſtoſsenden Balken mittels des Treppenwechſels (*12*). Dieſer bildet die Flurkante am Treppenhauſe, hat meiſt eine gröſsere Zahl von ausgewechſelten Balken aufzunehmen und muſs daher als ſtarker Unterzug ausgebildet werden, wenn die Balken nicht, wie meiſt der Fall iſt, in der Nähe der Auswechſelung auf eine Mauer des Treppenhauſes gelagert ſind.

4) Gratbalken nennt man die ein Gebälke ſchräg durchſetzenden Balken, gegen welche die übrigen ſchief anlaufen (*14* in Fig. 41). In den Dachbalkenlagen entſprechen ſolche Gratbalken gewöhnlich den Grat- und Kehlſparren.

5) Wandbalken bilden den oberen Abſchluſs ſchwacher Scheidewände, welche in der Höhe der Balkenlage endigen. Sie liegen vollkommen auf der Wand auf. Sie ſind in Fig. 41 bei *D*, *7* dargeſtellt, wenn man annimmt, daſs die hier angeordnete Wand über der Balkenlage nicht weiter geht.

6) Bundbalken liegen ganz in der Richtung einer Holz- oder Fachwerkwand, in welcher ſie zugleich das Rahmholz der unterliegenden und die Schwelle der überliegenden Geſchoſswand bilden; ſie nehmen alſo die Zapfen der Wand auf, ſind aber meiſt breiter als dieſe (*7* in Fig. 41).

7) Streichbalken ſind Balken, welche an einer Wand hinſtreichen. Scheidewände, welche mit ½ Stein oder geringerer Stärke durch mehrere Geſchoſſe gehen, müſſen in jeder Balkenlage durch zwei Streichbalken (*9*) eingefaſst werden. Soll ein Fuſsboden hergeſtellt werden, ſo müſſen auch entlang allen anderen Mauern Streichbalken gelegt ſein, welche mit den Balken parallel laufen, da man hier ſonſt

---

[31]) Vergl. auch Art. 2, S. 3.

Digitized by Google

den Fufsboden nicht auflagern könnte; zu letzterem Zwecke müffen fie an vielen Stellen eingelegt werden, obwohl dadurch fehr enge Balkenteilungen entftehen. Die Auswechfelung (*18*) in *B* ift nur durch das Erfordernis eines Streichbalkens an der benachbarten Scheidemauer nötig geworden.

Die Streichbalken können (bei *11*) auch den Zweck haben, wichtige Wände (Treppenhausmauern) vor dem Einlagern von Balken zu fchützen. Sie werden in diefem Falle durch die eingelagerten Balken fehr fchwer belaftet und daher nicht felten durch Konfolen oder andere Vorkragungen aus der Wand geftützt. (Siehe Fig. 3 bis 6, S. 6, fowie *11* in Fig. 41.)

Bei verfchoffenen Gebälken läfst man die Balken der einen Gruppe gern durch die Wand in einen auf der anderen Seite liegenden Streichbalken (*8* u. *14* in Fig. 41 u. *b* in Fig. 36) greifen, um hier eine innige Verankerung der Gruppen zu erzielen.

Schiefsen die Balken fchief gegen eine Wand, fo geben fie hier ungenügende Unterftützung für den etwa notwendigen Fufsboden; alsdann werden kleine Streichbalken (*13*) als Wechfel zwifchen den Hauptbalken erforderlich.

8) Giebelbalken find die Streichbalken an der Giebelwand; fie heifsen Ortbalken, wenn fie ganz oder zum Teile auf einem Abfatze der Giebelwand liegen.

9) Dachbinderbalken find die meiften Balken der Dachbalkenlage; fie erhalten diefen Namen, wenn über ihnen ein Dachgebinde entwickelt ift; fie haben dann meift den aus dem Dachbinder entftehenden wagrechten Schub aufzunehmen, da Sparren oder Streben in ihre Enden verfatzt find.

10) Kehlbalken find die Balken der Kehlgebälke im Dachftuhle; fie werden in Teil III, Band 2, Heft 4 diefes »Handbuches« (bei den Dachftuhlkonftruktionen) befprochen.

11) Mauerlatten, Wandlatten, Raftladen oder Mauerbänke (*1*) find fchwache Hölzer, welche auf, in oder vor den Mauern auf Konfolen oder anderen Vorkragungen liegen und ein gemeinfames Auflager aller Balken der Balkenlage abgeben. (Vergl. auch Art. 2, S. 3, u. Fig. 3 bis 7.) Sie haben den Zweck, die Laft der Balken auf eine gröfsere Länge der Mauer zu verteilen, fchwache Stellen, z. B. weite Fenfter- und Thürbogen, zu entlaften und beim Zulegen als ficherer Anhaltspunkt für den Zimmermann zu dienen; fie fchwächen aber, ganz in die Wand gelagert, letztere erheblich und werden infolge ihrer wenig luftigen Lage leicht Anlafs zur Fäulnis der Hölzer.

12) Unter- und Ueberzüge (*15*) treten bei zu grofser Spannweite der Balken bezüglich der Unterftützung der letzteren an die Stelle der Wände. Sie haben die von den Balken angefammelten Laften zu tragen und werden daher in der Regel als kräftige Träger auszubilden fein. Unterzüge nehmen die Balken mittels Auflagerung, Ueberzüge mittels Anhängung auf. Infolge der erforderlichen Stärke ragen fie felbft dann noch gegen die Balkenlage vor, wenn fie auch, wie in Fig. 36 bis 39, die Höhe der Balken felbft mit ausnutzen. Da nun ein Vorfprung in der Deckenfläche gewöhnlich weniger hinderlich ift als ein folcher im Fufsboden, auch Auflagerung der Balken billiger und ficherer ift als Anhängung, fo kommen Unterzüge häufiger vor, als Ueberzüge. Nur für die Dachbalkenlage wird meift die Anordnung von Ueberzügen vorgezogen, weil im Dachraume der Vorfprung im Fufsboden meift nicht ftörend ift. (Vergl. auch das im vorhergehenden Kapitel unter c [S. 28] Gefagte.)

Digitized by Google

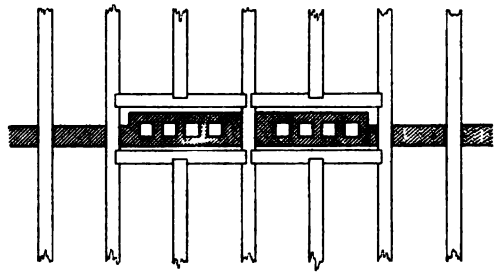
Bei älteren Bauten findet man Unter- und Ueberzüge dadurch erſetzt, daſs jeder der weit freiliegenden Balken zu einem verdübelten, verzahnten, offenen, Hängewerks- oder Gitterträger gemacht iſt; bei neueren Konſtruktionen greift man in ſolchen Fällen lieber zur Verwendung eiſerner Balken, da die oben genannten Anordnungen viel Konſtruktionshöhe in Anſpruch nehmen. Derartige Lagen von verſtärkten Holzträgern werden daher hier nicht weiter berührt[32]).

Die aus den angeführten Hölzern beſtehenden Balkenlagen durchſetzen das Gebäude nicht immer ſeiner ganzen Ausdehnung nach in der gleichen Höhenlage; vielmehr erhalten häufig einzelne an der Treppe liegende Räume den Fuſsboden in Höhe der Treppenruheplätze, oder es werden noch beſondere Teilungen einzelner Räume in die Mitte der Geſchoſshöhe gelegt — Hängeböden. Die Anordnung der Decken in ſolchen Lagen bedingt die Ausbildung kleiner geſonderter Balkenlagen, welche ganz den obigen Regeln folgen.

19. Entwerfen der Balkenlage.

Beim Entwerfen einer Balkenlage trägt man in den feſtgeſtellten Gebäudegrundriſs zuerſt alle notwendigen Balken, d. h. die Giebel-, Ort-, Wand-, Bund- und Streichbalken, ein und teilt dann zwiſchen dieſen die übrigen mit 80 bis 100 cm Teilmaſs für volle, mit 30 bis 60 cm Teilmaſs für Bohlenbalken ein. Da nun nicht für alle durch die notwendigen Balken gebildeten Abſchnitte gleiche Teilmaſse zu finden ſein werden, ſo fällt die Balkenteilung in verſchiedenen Teilen des Grundriſſes oft ſehr verſchieden aus, wobei die am weiteſten geſpannten Balken zweckmäſsig am engſten gelegt werden (ſiehe die Gruppe *C* in Fig. 41). Die ſo verteilten Balken werden nun zum Teile auf die oben erwähnten Hinderniſſe: Schornſteine, Treppenhäuſer, ſchwache Stellen in den Tragmauern u. dergl., ſtoſsen, welche dann durch Auswechſelungen zu umgehen ſind. Lange Stichbalken ſollen vor der Auswechſelung thunlichſt durch eine Wand geſtützt ſein; ausgedehnte Auswechſelungen wegen einer gröſseren Reihe von Rauchrohren, welche quer zu den Balken ſteht, verkürzt man, indem man die Rohre in zwei Gruppen teilt, zwiſchen welchen man einen Balken durchgehen läſst (Fig. 43). Liegen die Rauchrohre in einer dreieckigen Winkelausmauerung zwiſchen zwei Wänden, ſo iſt vor dieſe ein ſchräger Wechſel zu legen, welcher dann häufig mit beiden Enden auf den Mauern ruht.

Fig. 43.



Bei allen gröſseren Auswechſelungen iſt es zu empfehlen, Wechſel und Stichbalken durch eiſerne Klammern zu verbinden (*12* in Fig. 37).

Beim Entwerfen iſt ferner darauf zu achten, daſs man, abgeſehen von den in die Umfaſſungswände zu lagernden Balken, keine Teile bloſs durch die Wände unterſtützt, ſondern alle Teile ineinander lagert, wie z. B. die Wechſel *6* in Fig. 41, welche je an einem Ende auf eine Wand gelagert werden können, durch dieſe aber hindurchgeführt ſind, um ſie mittels Bruſtzapfen in den erſten getroffenen Balken zu lagern. Der Grund hierfür liegt darin, daſs die Mauern auf dem Zimmerplatze nicht vorhanden ſind, man alſo alle Teile der gedachten Art beim Zulegen nicht

32) Vergl. darüber: Gottgetreu, R. Lehrbuch der Hochbaukonſtruktionen. Teil II: Die Arbeiten des Zimmermanns. Berlin 1882. Taf. XIII.

Digitized by Google

unmittelbar unterſtützen könnte, daher zu mittelbarem Einpaſſen greifen müſste, was dann leicht zu mangelhafter Ausführung verleitet.

Sind die Balken in ſolcher Weiſe verteilt, ſo erfolgt die Stärkenbeſtimmung der einzelnen, wobei jedoch meiſt nur die Breite zu ermitteln iſt, da die Höhe aller Balken einer Balkenlage aus Gründen der Anlage der Decken und Fuſsböden dieſelbe ſein muſs. Es liegt auf der Hand, daſs z. B. ein Streichbalken ſchmaler ſein kann, als ein ganzer, weil er nur die halbe Laſt erhält. Soll der Streichbalken jedoch vor Rauchrohren (*δ* in Fig. 41) ausgeklinkt werden, ſo iſt auf dieſe Schwächung Rückſicht zu nehmen. Ebenſo erhalten diejenigen Streichbalken volle Stärke, welche beſtimmt ſind, ſchwache Scheidemauern abzuſteifen.

20. Verzimmern und Auflegen der Balkenlage.

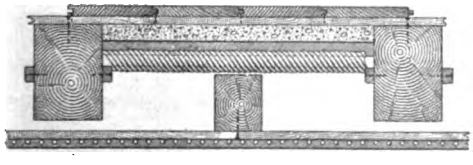
Die Verzimmerung der ſo entworfenen Balkenlagen erfolgt auf dem Zimmerplatze durch zeichnungsgemäſses Zuſammenfügen aller Hölzer, wobei alle Verbindungen zugeſchnitten werden. Man beginnt mit der unterſten Balkenlage, legt auf dieſe die zweite und ſo fort, bis alle Balkenlagen fertig verzimmert übereinander liegen. Nur ſo iſt es möglich, ſowohl genaues Zuſammenfügen der Hölzer jeder einzelnen Balkenlage, als auch genaues Uebereinſtimmen der Balken der verſchiedenen Geſchoſſe zu erreichen; letzteres iſt für genau lotrechte Aufführung der Mauern unbedingt erforderlich. Für den Zimmermann iſt hierbei die Anordnung von Wandlatten äuſserſt bequem, weil ſie ihm bequeme Lagerung der Balken beim Zulegen und einfaches Feſtlegen der Maſse der Umfaſſungswände geſtattet. Welche groſsen Nachteile aber übrigens die Mauerlatten unter Umſtänden für die Gebäude haben, wurde in Art. 18 (S. 37 unter 11) und in Art. 2 (S. 3) bereits erwähnt.

Das Aufbringen der verzimmerten Balkenlagen erfolgt, ſobald die ſtützenden Mauern bis Balkenunterkante hinaufgeführt ſind. Die Maurer müſſen während des Verlegens zu arbeiten aufhören, und um dieſe Unterbrechung thunlichſt zu verkürzen, muſs man über die Geſamtheit der Arbeiten ſo verfügen, daſs die Balkenlagen fertig zugelegt ſind, bevor das Lager für die unterſte hergerichtet iſt. Nach dem Verlegen der Balkenlage erfolgt das in Kap. 9 (unter b) zu beſprechende Einmauern der Balkenköpfe und das Weiterauffuhren der Mauer des nächſten Geſchoſſes.

21. Beſondere Arten von Balkenlagen.

Als beſondere Arten von Balkenlagen ſind zunächſt die Blockbalkenlagen oder Dübelgebälke, auch Dübbel-, Döbel-, Diebel- oder Dippelgebälke geheiſsen (Fig. 4 bis 6 u. 25), zu erwähnen. Sie beſtehen aus miteinander verdollten, dicht nebeneinander gelegten Balken, ſind daher warm, ſtark und laſſen den Schall nur wenig durch. Sie machen im Maſſivbau aber Schwierigkeiten bei der Einmauerung, müſſen, wie in Fig. 4 bis 6, meiſt auf Auskragungen gelagert werden und finden ſich daher jetzt nur noch in Ländern, wo niedrige Holzpreiſe und die feuerpolizeilichen Beſtimmungen reinen Holzbau geſtatten, bisweilen auch in Lagerhäuſern auf eiſerner Stützung (ſiehe Fig. 25, S. 21).

Fig. 44.



Häufiger ſind Blindbalkenlagen (Fig. 44[33]). Selbſt bei ſorgfältigſter Herſtellung einer Decke ſind Durchdringen von Schall und Erſchütterungen nicht ganz zu beſeitigen, wenn dieſelben Balken Decke und Fuſsboden tragen. Wird in reicheren Gebäuden völlige Undurchdringlichkeit verlangt, ſo legt man zunächſt eine regelrechte Balkenlage zum Tragen des

[33] Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 544.

Digitized by Google

Verkehres im oberen Geſchoſſe an, befeſtigt dann aber die Decke des unteren nicht daran, ſondern ſchiebt zu dieſem Zwecke beſondere Balken in die Zwiſchenräume der erſteren ein, welche man Blind-, Fehl-, Fäll- oder Fallbalken nennt. Da

Fig. 45.

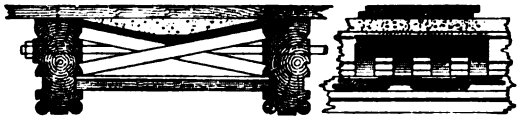
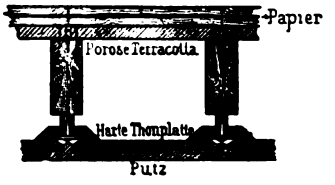


Fig. 46.



dieſe nur die Deckenausbildung zu tragen haben, können ſie erheblich ſchwächer ſein als die Hauptbalken, welch letztere hie und da zum Unterſchiede Sturzbalken geheiſsen werden. So geht durch dieſe Doppelanordnung keine oder doch

Fig. 47.

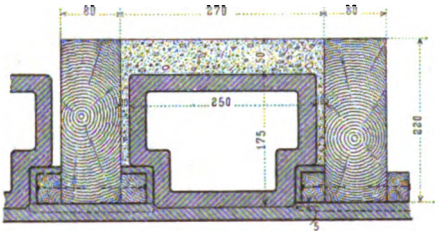


Fig. 48.

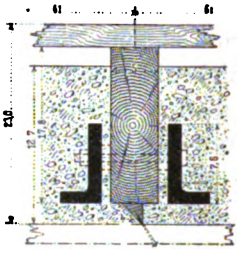
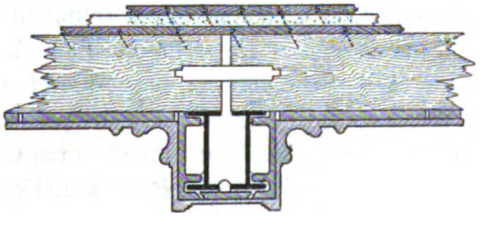
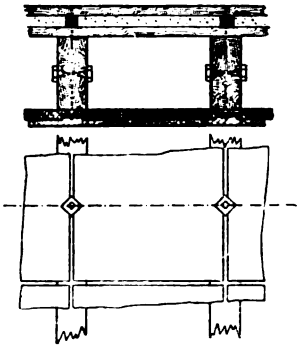


Fig. 49.





wenig Höhe verloren. Selbſtverſtändlich müſſen die Blindbalken ſo tief liegen, daſs auch die ſtärkſte Durchbiegung der Tragbalken keinen mit dieſen verbundenen Teil auf die Blindbalken ſetzt. Der Luftraum zwiſchen den beiden Balkenlagen und die völlige Trennung der Auflagerung halten Erſchütterungen und Schall faſt vollſtändig zurück. Dieſe Anordnung ſchützt auch reiche Stuckausſchmückungen oder Deckenmalereien vor den von oben kommenden Erſchütterungen.

Fig. 50.

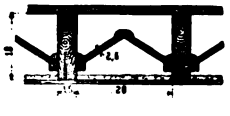


Fig. 51.

In vielen Gegenden, z. B. in Nordamerika[34]), verwendet man der Holzerſparnis wegen vielfach Bohlenbalken (Fig. 45 bis 51), d. h. Balken aus hochkantig geſtellten, vollkantig geſchnittenen Bohlen; da dieſe aber leicht umkanten, ſo müſſen ſie mindeſtens dicht an jedem

[34]) Siehe: *American engineer* 1887, S. 20. — *Engng. news*, Bd. 23 (1890), S. 368. — *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2099.

Digitized by Google

Auflager durch zwiſchen ſie eingezapfte Wechſelſtücke gegeneinander abgeſpreizt werden. Andere Mittel zu ihrer Verſteifung werden im folgenden (unter 2) angegeben werden.

Daſs Balkenlagen, welche durchweg aus verſtärkten Holzträgern beſtehen, jetzt meiſt durch eiſerne Tragwerke erſetzt werden, iſt bereits erwähnt worden [35]).

Beiſpiele dafür, wie ſtark die Balkenlagen durch die Ausbildung und Befeſtigung der Fuſsböden beeinfluſst werden können, zeigen Fig. 52 bis 58, welche aus dieſem Grunde hier erörtert werden.

Die wichtigſten Aufgaben bei dieſer Befeſtigung bilden die Verhinderung des Werfens und das Unſchädlichmachen des Schwindens der Fuſsbodendielen gegenüber

Fig. 52.

Fig. 53.

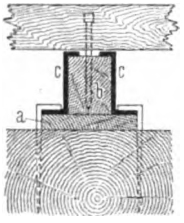


Fig. 54.

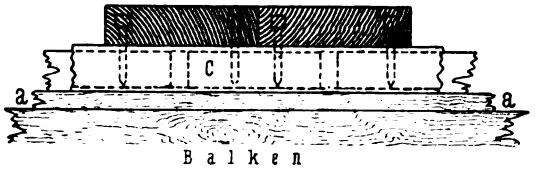


Fig. 55.

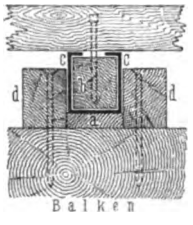


Fig. 56.

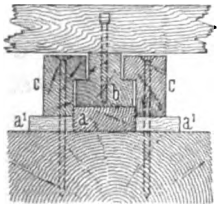
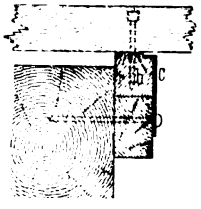


Fig. 57.



der unveränderlichen Länge der Balken. Erſtere iſt nur durch kräftige Verbindung der Dielen mit gerade haltenden Unterlagen zu erzielen, die aber zum Oeffnen der Fugen durch Schwinden führt, wenn ſie einfach durch Nagelung auf den Balken erfolgt. Eine den geſtellten Anforderungen genügende Ausſtattung der Holzbalken gibt *Kirchhoff* in Ludwigshafen an (Fig. 52 bis 57).

Fig. 52 u. 53 zeigen zwei Z-Bleche c_1 welche mit einem keiligen nötigenfalls Polſterbrette *a* durch Hakennägel genau wagrecht auf dem häufig keiligen Balken befeſtigt werden, nachdem vereinzelte Holzabſchnitte *b* mit offenen Zwiſchenräumen ſo in die entſtehende Rinne gelegt ſind, daſs man je einen Abſchnitt unter jede Diele ſchieben kann. Wenn die Abſchnitte in die Rinne paſſen, ſo kann man die Dielen ſicher nageln und ſie nach eingetretenem Schwinden immer wieder dicht aneinander treiben, ohne ſie löſen zu müſſen.

In Fig. 54 u. 55 iſt daſſelbe mittels eines beinahe geſchloſſenen Blechkaſtens *c* erreicht, der loſe auf der Polſterleiſte *a* liegt und durch die Führungsleiſten *d* an ſeitlichen Verſchiebungen verhindert wird. Die Holzabſchnitte *b* müſſen vor dem Verlegen vom Ende her eingeſchoben werden. Auch hier gleicht das Polſter *a* die Keilgeſtalt des Balkens aus.

35) Vergl.: Gottgetreu, a. a. O, Taf. XIII.

Digitized by Google

Bei der in Fig. 56 dargeſtellten Anordnung iſt die Verwendung von Eiſen vermieden. Die auf dem keiligen Polſter *a* ruhenden Abſchnitte *b* ſind hier ⊥-förmig, ſo daſs ſie von den unter Einlegen von Paſsklötzen a^1 auf die Balken zu nagelnden gekehlten Leiſten *c* niedergehalten werden.

Alle bisher beſchriebenen Anordnungen erfordern viel Höhe; iſt dieſe nicht vorhanden, ſo kann die Befeſtigung nach Fig. 57 erfolgen. Hier iſt eine Lagerleiſte zugleich mit einem Blechhakenſtreifen *c* genau wagrecht ſeitlich an den Balken genagelt; dabei ſind zugleich die Holzabſchnitte *b* eingelegt, die zwiſchen Balken und Blechſtreifen geführt werden.

Für die gute Wirkung aller dieſer Anordnungen iſt genau ſchlieſsendes Paſſen der Holzabſchnitte *b* Vorbedingung, die demnach ebenſo, wie die Hakenleiſten *c* in Fig. 56, aus altem, hartem, nicht ſchwindendem Holze beſtehen müſſen.

22. Holzart und Sorte.

Als Holzart wird jetzt an Stelle der früher häufig verwendeten Eiche wegen der bedeutenden Holzlängen, des billigeren Preiſes und der guten Tragfähigkeit die Tanne, weniger gern die Kiefer verwendet. Die Lärche liefert vorzügliche Balken, iſt aber ſelten.

Als Holzſorte wird zu den Balken in der Regel Ganzholz verwendet; nur die ſchmalen Streichbalken können aus Halbholz gebildet werden. Das Gleiche gilt von den Nebenteilen der Balkenlagen; nur ganz untergeordnete Hölzer, z. B. kurze Wechſel an den Wänden zur Aufnahme der Dielenenden (*13* in Fig. 41), können aus gewöhnlichem Verbandholz (Kreuzholz) hergeſtellt ſein.

Tadelloſe Ausführungen ſollen nur vollkantig geſchnittene Hölzer enthalten; doch ſind weſentliche Nachteile für die Dauerhaftigkeit aus der Verwendung waldkantiger (auch wahnkantig genannter) Hölzer nicht zu befürchten, wenn dieſe nur vollkommen von Borke, Baſt und Splint befreit und ſo weit beſchlagen (gebeilt) ſind, daſs die Balkenlager genügend groſse ebene Auflagerflächen beſitzen und erforderlichenfalls Fuſsboden und Decke regelrecht angebracht und befeſtigt werden können.

b) Ausfüllung der Balkenfache.

(Fehlböden oder Zwiſchendecken.)

23. Ueberſicht.

Unter dieſer Ueberſchrift ſollen alle diejenigen Ausfüllungskonſtruktionen für die Balkenzwiſchenräume (Balkenfache) zuſammengefaſst werden, welche den Zweck haben, die Decke undurchdringlich gegen den Schall und Wärmeunterſchiede zu machen. Daher ſind hier ſchlechte Wärme- und Schallleiter in zweckentſprechender Weiſe zu verwenden. Mangelhafte Ausbildung dieſer Zwiſchendecken bildet einen der hauptſächlichſten Gründe für die Ungemütlichkeit und der ungeſunden Eigenſchaften der Wohnungen in billig hergeſtellten Gebäuden.

Hier werden zu beſprechen ſein:

1) Balkenlagen ohne Ausfüllung;
2) Dübelböden;
3) Windelböden;
4) Einſchubböden, und
5) neuere Fachausfüllungen.

1) Balkenlagen ohne Ausfüllung.

24. Dübelgebälke.

Hierher gehören zunächſt die Dübelgebälke, weil bei dieſen die Balken, meiſt flach gelegte Halbhölzer, ſelbſt die Ausfüllung bilden. Um die Fugen zu ſchlieſsen, verſtreicht man ſie von oben mit Lehm und deckt dann zur Schall-

Digitized by Google

dämpfung die Balken mit 7 bis 10 cm Füllung oder Bettung, meiſt trockenem, feinem Sande, ab (Fig. 4 bis 6, S. 66). Soll ein Fuſsboden aufgebracht werden, ſo werden in dieſe Füllung in Abſtänden von 0,8 bis 1,0 m Lager aus Bohlen von 5 cm Dicke und 12 cm Breite eingebettet, welche den Fuſsboden unmittelbar tragen und Polſter- oder Lagerhölzer genannt werden. Durch letztere erzielt man eine ſchlichte Lagerung der Fuſsbodenbretter, welche auf den nicht genau geſchnittenen Balken kein ebenes Auflager finden würden, und vermeidet das unmittelbare Uebertragen von Erſchütterungen. Sorgfältiger Verſtrich der Balkenfugen iſt erforderlich, weil ſonſt die Füllung durchrieſelt.

In Fig. 25 (S. 21) fehlt die Bettung, und der Fuſsboden ruht unmittelbar auf dem Dübelgebälke, weil es hier auf leichteſte Anordnung in erſter Linie ankam [36]).

25. Gewöhnliche Balkenlagen ohne Ausfüllung.

In gewöhnlichen Balkenlagen fehlt die Ausfüllung nur in Gebäuden, welche Lagerzwecken oder gewerblichen Betrieben dienen, nie in Wohngebäuden, aber beſonders häufig da, wo die Balkenlagen ſehr ſchwer belaſtet werden ſollen (in Speicherräumen, ſiehe Fig. 15, S. 13), um die Decke an ſich thunlichſt leicht zu halten. Solche Decken ſchlieſsen die Heizbarkeit einzelner Geſchoſſe aus und laſſen auch die ſchwächſten Schallwellen durch. Iſt eine Deckenſchalung im engeren Sinne unter den Balken angeordnet, ſo entſtehen in den ganz offenen Balkenfeldern für Ungeziefer günſtige Schlupfwinkel.

2) Dübelböden.

26. Konſtruktion.

Dübelböden entſtehen durch Einfügen dicht gelegter ſchwächerer Verbandhölzer zwiſchen die Balken, welche miteinander verdübelt, verdollt, werden. Liegen dieſe Hölzer parallel zu den Balken, ſo werden ſie durch eingezogene hölzerne

Fig. 58.

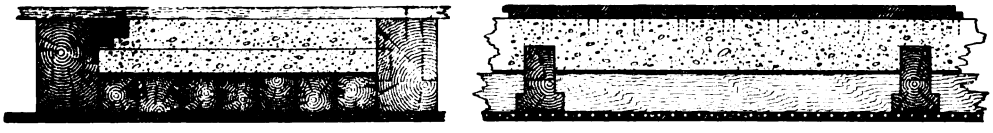


Fig. 59.

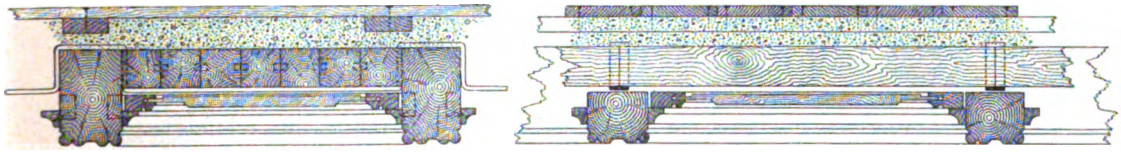
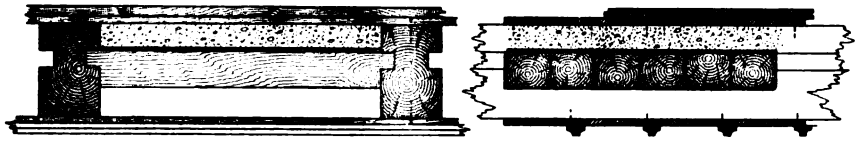


Fig. 60.



Wechſel (Fig. 58) oder Bügel aus Bandeiſen (Fig. 59) getragen; liegen ſie winkelrecht zu den Balken, ſo zapft man ſie in dieſe ein (Fig. 60), wobei jedoch die

[36]) Fig. 25 entſpricht etwa der Anordnung des Brookthor-Speichers in Hamburg, wo das Eigengewicht thunlichſt gering zu halten war, weil die Stützen ohnedies ſchon ſehr ſchwer wurden.

Digitized by Google

Balken durch Nuten erheblich geſchwächt werden; dieſe Nuten ſollen thunlichſt in der Mitte der Balkenhöhe liegen. Die Füllhölzer werden unten bündig mit den Balken gelegt, wenn die Gefache ganz ausgefüllt werden ſollen (Fig. 58); genügt teilweiſe Füllung, ſo legt man ſie weder oben, noch unten bündig (Fig. 60). Will man den bei den beiden vorigen Anordnungen unmittelbar auf die Balken zu lagernden Fuſsboden von dieſen ganz trennen, ſo legt man die Füllhölzer oben bündig und bettet beſondere Fuſsbodenlager von etwa 5×12 cm Querſchnitt in eine Sandüberſchüttung ein (Fig. 59). Unter allen Umſtänden ſind auch hier die Fugen der Füllhölzer gut zu verſtreichen. Derartige Zwiſchendecken ſind wegen des Holzaufwandes und der Feuergefährlichkeit ſelten.

3) Windelböden und Wickelböden, Wellerungen und Stakungen.

27. Konſtruktion. Dieſe Namen bezeichnen ſämtlich ſolche Ausfüllungen der Balkenfache, welche aus mit Strohlehm umwickelten Weller- oder Stakhölzern hergeſtellt ſind. Man verwendet dazu geſpaltenes Knüppelholz (eichen) oder geſpaltene Schwarten von Eichen-, Tannen- und Kienenſchnitthölzern. Die Umwickelung erfolgt mit Langſtroh, welches zum Zwecke dichten Schluſſes der Wellerhölzer gegen Wärme und Kälte mit dünnem Lehmbrei geſättigt iſt. Bei billigerer Ausführung legt man die unumwickelten Stakhölzer auch wohl dicht zuſammen und deckt ſie mit einer Lage von Krummſtroh mit Lehm ab; die Wickelung iſt jedoch vorzuziehen. Ueber die Wellerung bringt man zur Verbeſſerung der Dichtigkeit einen an den ſchwächſten Stellen 2 cm dicken Lehmſchlag, und die ſo geſchloſſene Ausſtakung nimmt dann die eigentliche Füllung oder Bettung auf, nachdem die naſs eingebrachte Lehmmaſſe vollkommen ausgetrocknet iſt.

28. Füllung. Als Füllung verwendet man am beſten reinen, feinen, trockenen Sand, ſchwefelfreie Hochofenſchlacke oder Schlackenwolle. Dieſe Stoffe ſtäuben wenig oder gar nicht. Nicht ſo gut, aber viel im Gebrauch, ſind Bauſchutt, trockene Kohlenaſche [37]) und ungewaſchener Sand, welche alle viel Staub geben. Die Füllſtoffe ſollen jedenfalls vollkommen frei von organiſchen Beimengungen ſein, da ſie ſonſt die Luft in den Räumen verderben. Füllungen mit Sägemehl, Moos, Häckſel u. dergl. ſind zwar an ſich vorzüglich, aber ihrer groſsen Feuergefährlichkeit wegen verboten. Der ſehr leichte Torfgruſs ſcheint ſich — als nicht feuergefährlich — gut zu bewähren.

Ganz beſonders geeignet in geſundheitlicher Beziehung iſt Kieſelgur; doch iſt ihr Preis verhältnismäſsig hoch.

Wird ein Fuſsboden aufgebracht, ſo muſs die Füllung oben die Fuſsbodenunterfläche thunlichſt in allen Punkten berühren, da das Hohlliegen der Fuſsböden den Lärm des auf ihnen ſtattfindenden Verkehres weſentlich verſtärkt, wenn der Fuſsboden nicht ſelbſt ſehr ſtark — etwa doppelt — iſt.

Auf die richtige Wahl des Füllſtoffes wird mit Recht ein ganz beſonderer Wert gelegt, und die Schwierigkeit, nach allen Richtungen einwandfreie Füllſtoffe zu erhalten, bildet einen der hauptſächlichſten Gründe, welche gegen die bisher meiſt üblichen Ausfüllungen der Balkenfache mit loſen Füllſtoffen ſprechen.

---

[37]) In manchen Gegenden verwendet man zur Füllung ſog. Steinkohlenlöſch; dies ſind die Rückſtände der Dampfkeſſelfeuerungen: Schlacke und Aſche; dieſer Stoff wird trocken und thunlichſt ruſsfrei eingebracht.

Digitized by Google

Neben der Vermeidung von Staubbildung, welche, wie bereits erwähnt, namentlich bei Aſche, unreinem Sande und Bauſchutt auftritt, und von fäulniserregender Einwirkung auf die benachbarten Holzteile, welche eintritt, wenn der Füllſtoff dauernd Feuchtigkeit aus der Luft auffaugt und organiſche Beſtandteile, insbeſondere Pilzſporen, enthält, kommt namentlich die Einwirkung des Füllſtoffes auf die geſundheitlichen Verhältniſſe der Innenräume in Frage.

Einen allen dieſen Anforderungen entſprechenden Füllſtoff erhält man durch Waſchen und nachfolgendes Ausglühen von Sand, ein Verfahren, das z. B. beim Regierungsgebäude in Hildesheim ſtreng durchgeführt wurde [38]).

Die dort verwendete Vorrichtung zum Ausglühen beſtand in einem einer Waſſerſchnecke gleichenden, geneigt liegenden Trommelofen von 40 cm Durchmeſſer und 175 cm Länge, durch welchen der Sand beim Umdrehen der Trommel von einer Schraubenfläche aus Blech langſam unter ſtetem Aufrühren hindurchgeſchoben wurde. Die etwa 250 kg ſchwere Vorkehrung koſtete 150 Mark. Die Stellung des Gerätes und das Ausglühen waren dem Unternehmer vertragsmäſsig aufgegeben.

Beſonders beachtenswert ſind die Verſuche, welche *Koch* über den Einfluſs der Füllſtoffe, insbeſondere der Kieſelgur (Diatomeenerde von Unterlüſs), auf die Entwickelung von Bakterien angeſtellt hat [39]).

Koch fand in 1 ccm der Diatomeenerde nur etwa 3 bis 4 Bakterien und ſtellte 15,6 Vomhundert Glühverluſt feſt, worin aber die Verwandelung unorganiſcher Stoffe beim Glühen einbegriffen iſt. Bei dem Verſuche der Vermengung mit Typhus-, Cholera und Eiterbacillen enthaltender Nährbouillon zeigte ſich, daſs die Miſchung mit trockener Kieſelgur ſchwierig war, weil die Bouillon in Tropfen zuſammenlief und erſt nach langer Zeit aufgeſogen wurde; mit feuchter Kieſelgur erfolgte die Miſchung leicht.

In der trockenen Diatomeenerde hatten die Cholerakeime nach 14 Tagen, die Typhuskeime nach 21 Tagen ihre Keimfähigkeit verloren; die Eiterkeime blieben entwickelungsfähig. Bei guter Miſchung mit feuchter Kieſelgur ſtarben dagegen die Cholerabacillen ſofort, die Typhus- und Eiterkeime nach 8 Tagen ab. Dieſes Verhältnis iſt günſtig, weil die Bacillen nicht anders, als mit viel Waſſer in die Füllung gelangen können. Die Wirkung ſchreibt *Koch* der Beimengung von ſchwefelſauren Salzen zu, welche bei der Aufbereitung der Infuſorienerde mittels Schwefelſäure entſtehen.

Was die Aufnahmefähigkeit von Feuchtigkeit anlangt, ſo verhalten ſich verſchiedene Füllſtoffe, wie folgt. Es enthält an Waſſer

	Kieſelgur	Bauſchutt	Aſche	getrockneter Sand	
in lufttrockenem Zuſtande	7,6	1,7	1,13	0,13	Vomhundert
bis zum Abtropfen mit Waſſer geſättigt . .	223	27,6	86,5	17,5	» .

Danach wird die Kieſelgur unter Umſtänden noch trocken bleiben, unter welchen die übrigen Füllſtoffe, namentlich Sand, bereits völlig durchnäſst ſind. Allerdings erfolgt die Waſſeraufnahme bei der Diatomeenerde wegen des 86 Vomhundert betragenden Porenraumes sehr langſam, ſo daſs bei plötzlichen Ueberflutungen das Durchſickern des freien Waſſers eintritt. Dagegen wirkt die auſserordentliche Aufnahmefähigkeit für Waſſer in längerer Zeit dauernd austrocknend auf die umgebenden Bauteile und Räume ein.

Der Grad des durch die verſchiedenen Füllſtoffe erzielten Wärmeſchutzes wurde feſtgeſtellt, indem man ein Eiſenrohr mit 2 cm Zwiſchenraum mit einem Blechrohre umhüllte, den Zwiſchenraum mit Füllſtoff füllte und dann 45 Grad C. warmes Waſſer in das Rohr brachte. Das Waſſer kühlte in 110 Minuten ab

in einem Mantel aus	Kieſelguhr	Bauſchutt	Aſche	Sand	Luft
auf	39	33,3	35,8	34,3	37,2 Grad C.;

die Diatomeenerde iſt alſo auch in dieſer Beziehung allen anderen Stoffen überlegen.

Das Gewicht von 1 cbm trockener Kieſelgur iſt 302,7 kg, gegen 1750 kg von 1 cbm Sand und 840 kg von 1 cbm Aſche; hiernach iſt dieſe Deckenfüllung auch fehr leicht.

Leider ſind die Koſten bedeutend; 1 cbm Kieſelgur, roſa geglüht, koſtet 15 Mark (beſte), ungeglüht mit grauer Farbe 10 Mark [40]).

---

[38]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 199.

[39]) Siehe ebendaſ., S. 332.

[40]) Ueber die geſundheitliche Bedeutung des Füllſtoffes für die Balkenfache ſiehe auch noch:
EMMERICH, R. Die Verunreinigung der Zwiſchendecken unſerer Wohnräume in ihrer Beziehung zu den ektogenen Infectionskrankheiten. Zeitſchr. f. Biologie 1882, S. 253.
Die Zwiſchendecken in Wohnhäuſern als Krankheits-Herde. Deutſche Bauz. 1883, S. 35.

Digitized by Google

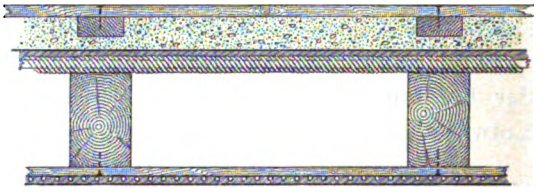
Von beſonderen Mitteln zur Füllung der Hohlräume iſt noch das von *Kortüm* verwendete und empfohlene Gemenge von Kalkmörtel und Heu [41]) anzuführen, das jedoch nur da am Platze iſt, wo es keine Laſt zu tragen hat, alſo namentlich unterhalb der Wellerungen und Einſchübe, um die Decke durch Füllung der Hohlräume über den Schalbrettern dicht gegen Schall und Wärme zu machen, ohne das Gewicht erheblich zu erhöhen.

29. Geſtreckter Windelboden.

Je nach der Höhenlage der Wellerung zu den Balken unterſcheidet man den geſtreckten, den halben und den ganzen Windelboden.

Der geſtreckte Windelboden (Fig. 61) entſteht, wenn man lange Wellerſtangen über die Balken hinſtreckt. Er wird vorwiegend verwendet, wo es auf billige Herſtellung einer warmen Decke ankommt, welche nicht viel zu tragen hat, d. h. in landwirtſchaftlichen Gebäuden; man deckt hier häufig nur einen etwas ſtarken Lehmſchlag auf die Wellerung, womit Decke und Fuſsboden hergeſtellt ſind. Da hierbei die ſchwachen Stakſtangen die aufgebrachte Laſt nach den Balken übertragen müſſen, ſo iſt die Tragfähigkeit einer ſolchen Decke ſehr gering. Soll ein regelrechter Fuſsboden hergeſtellt werden, ſo bringt man Füllung in einer Stärke von 8 bis 10 cm (Fig. 61) auf den Lehmſchlag und lagert in dieſen die Fuſsbodenlager gerade über den Balken ein, um die Laſt thunlichſt unmittelbar auf dieſe zu bringen. Da aber der Fuſsboden auf der Füllung liegt und die Lager in letztere eingedrückt werden, ſo iſt eine Laſtübertragung durch die Stakung auch ſo nicht ganz zu umgehen.

Fig. 61.



Vorteilhaft iſt die Verwendung des geſtreckten Windelbodens bei Anordnung von Blindbalkenlagen (Fig. 62), weil die Balkenfache für die Blindbalken ganz frei

Fig. 62.

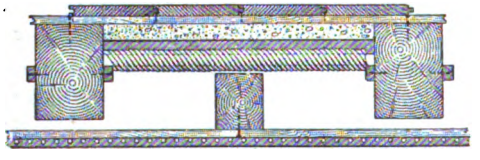
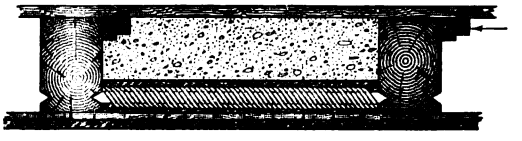


Fig. 63.



bleiben, dieſe alſo hoch, d. h. leicht ausgebildet werden können. Von allen Windelböden iſt der geſtreckte auch der leichteſte, belaſtet alſo die Balken am wenigſten. Durch die vollſtändige Auflagerung auf die Balken geht aber den übrigen Deckenkonſtruktionen gegenüber Höhe verloren, und die deshalb anzuſtrebende Dünnheit

---

Recknagel. Vortheile und Nachtheile der Durchläſſigkeit von Mauern und Zwiſchenböden der Wohnräume. Deutſche Viert. f. öff. Geſundheitspfl. 1885, S. 73.

Nussbaum, Ch. Hygieniſche Forderungen an die Zwiſchendecken der Wohnhäuſer. Archiv f. Hygiene, Bd. 5, S. 264.

Verunreinigung der Zwiſchendecken der Wohnräume und ihr Einfluſs auf die Geſundheit der Bewohner. Mittel zur Verhütung und Bekämpfung der Verunreinigungen. Wochbl. f. Baukde. 1886, S. 329.

Die hygieniſchen und techniſchen Anforderungen an Zwiſchendecken in Wohngebäuden. Deutſches Baugwksbl. 1887, S. 535.

Heinzelmann, H. Die Fehlböden (Zwiſchendecken). Ihre hygieniſchen Nachtheile und deren Vermeidung. München 1891.

Falkenhorst, C. Das Buch von der geſunden und praktiſchen Wohnung. Heft 1: Unſere unſichtbaren Feinde. Leipzig 1891.

41) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 544.

Digitized by Google

der Decke beeinträchtigt die Dichtigkeit gegen Wärme und Schall. Die Unzuträglichkeiten, welche aus den völlig hohlen Balkenfachen bezüglich des Ungeziefers entſtehen, wurden oben bereits erwähnt.

30. Halber Windelboden.

Der halbe Windelboden (Fig. 62) entſteht, wenn man die Wellerung innerhalb der Balkenfache etwa in halber Höhe der Balken anbringt, ſo daſs der Fuſsboden unmittelbar auf die Balken gelagert werden kann. Die Wellerhölzer werden auf Weller- oder Stakleiſten gelagert (Fig. 62) oder in Weller- oder Staknuten eingeſchoben, welche man in entſprechender Höhe an den Balken anbringt (Fig. 63).

An ſich ſind beide Anordnungen gleichwertig; jedoch werden die Leiſten meiſt vorgezogen, weil das Annageln derſelben einfacher iſt als das Einſtoſsen der Nuten in die meiſt wahnkantigen Balken. Auf die Wellerung bringt man, wie früher, Lehmſchlag und Füllung. Da der Fuſsboden nun unmittelbar auf den Balken ruht, ſo iſt die Stakung der Laſt faſt ganz entzogen. Dieſe Ausfüllung der Balkenfache iſt die unter den Windelböden jetzt am meiſten verwendete; ſie wird um ſo dichter, aber auch um ſo ſchwerer, in je tieferer Lage man die Stakung einſetzt.

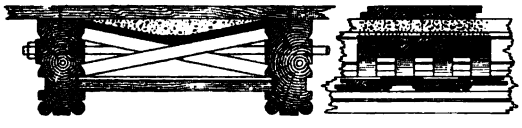
Die ſchwachen, meiſt aus Schwartenbrettern geſpaltenen Wellerhölzer ſind für Fäulnisvorgänge günſtige Angriffspunkte; man hat ſie daher, nebſt den Wellerleiſten, vereinzelt wohl durch aus Rechteckeiſen geſchnittene Leiſten und Stäbe erſetzt [42]), wodurch man ſelbſtverſtändlich zu nicht unbeträchtlich höheren Koſten gelangt.

Eine gewöhnliche Balkendecke mit halbem Windelboden, Fuſsboden und Putzdecke, 35 cm dick, 6 m frei tragend, koſtet für 1 qm Grundfläche etwa 15 bis 16 Mark [43]).

31. Ganzer Windelboden.

Der ganze Windelboden (Fig. 63) iſt dem vorigen in allen Einzelheiten gleich, unterſcheidet ſich von letzterem nur dadurch, daſs die Wellerung weit genug nach unten gelegt wird, um die Deckenſchalung einen unter der Stakung angebrachten dünnen Lehmputz in allen Punkten berühren zu laſſen. Dieſe Ausfüllung der Balkenfache iſt die dichteſte, aber auch ſchwerſte von allen Windelböden; ſie empfiehlt ſich daher für gut ausgeſtattete Wohngebäude, nicht jedoch an ſolchen Stellen, wo es auf das Tragen ſchwerer Laſten ankommt; ſie wird übrigens, der Koſten und des groſsen Gewichtes wegen, nur wenig verwendet.

Fig. 64.



32. Kreuzſtakung.

Eine von den vorigen abweichende Art der Stakung iſt die Kreuzſtakung, bei welcher die meiſt unumwickelten Stakhölzer mit abwechſelnder Neigung nach links und rechts zwiſchen die Leiſten oder Nuten (Fig. 64) der Balken eingeſetzt werden. Dieſe ſchrägen Stakhölzer bilden eine ſehr wirkſame Abſpreizung der Bohlenbalken [44]) gegen Kanten und Werfen. Sie wirken wie Streben kleiner Hängewerke, welche die auf einen Balken kommende Laſt auf die beiden Nachbarn mit übertragen, ſomit die ganze Balkenlage tragfähiger machen.

Die wagrechte Seitenkraft dieſer Strebendrücke kann von den ſchmalen Balken jedoch nicht aufgenommen werden, deren ſeitliche Durchbiegung die Strebenwirkung aufheben würde. Zur Aufhebung dieſer wagrechten Seitenkraft werden daher in

[42]) Siehe: *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2099.
[43]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1866, S. 134, 143; 1890, S. 65.
[44]) Siehe: *American engineer* 1887, S. 230.

Digitized by Google

Abſtänden von etwa 2 m Rundeiſenanker durch die Balkenlage gezogen, welche man durch in der Mitte angebrachte Mutterſchlöſſer mit Gegengewinde[45]) in Spannung bringt. Um die unbequeme Bohrung aller Balken zu vermeiden, kann man dieſe Rundeiſenanker zweckmäſsig durch auf und unter die Balken genagelte Bandeiſen erſetzen, wie ſie für eiſerne Balken in Fig. 65 u. 66 angegeben ſind. Bei Bretterfuſsböden wird die Aufhebung der wagrechten Kräfte jedoch auch ſchon durch die quer zu den Balken laufenden und an dieſe angenagelten Fuſsbodendielen, ebenſo auch durch Deckenſchalbretter bewirkt; unbedingt notwendig ſind die Anker alſo nur, wenn ſolche Bretterlagen ganz oder, wie in Fig. 64, zum Teile, hier nämlich unten, fehlen.

Fig. 65.

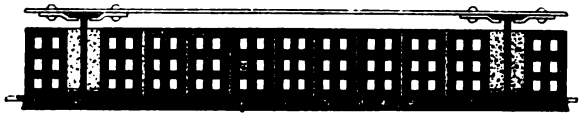
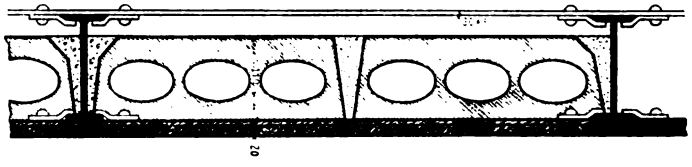


Fig. 66.



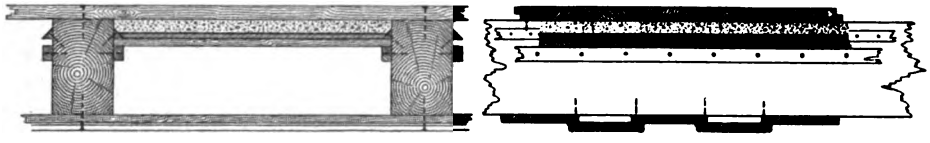
Ueber die Stakhölzer bringt man zunächſt behufs Schlieſsens der gebliebenen Oeffnungen eine Lage von Langſtroh mit Lehm und Lehmſchlag, darauf dann die Füllung.

4) Einſchubböden.

33. Konſtruktion.

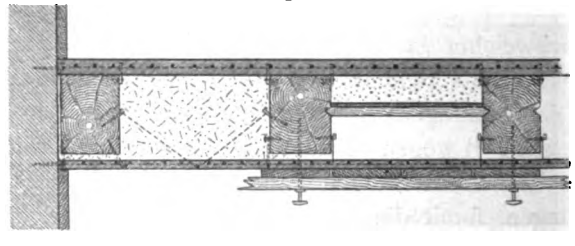
Einſchubböden ſind den Windelböden gleichfalls ſehr ähnlich; nur bringt man in die Nuten oder auf die Leiſten der Balken ſtatt der Stakhölzer Schwartenbretter.

Fig. 67.



Der Einſchub wird entweder einfach (Fig. 67 u. 68, rechtes Fach) oder als Stülplage (Fig. 69) ausgebildet; bei beiden werden die Fugen ſorgfältig mit Lehm verſtrichen und mit Lehmſchlag überdeckt. Die über dieſem liegende Füllung iſt meiſt nur wenige Centimeter ſtark, und der gröſste Teil der Balkenfache bleibt frei. Liegen die Einſchubbretter auf Leiſten, ſo wird wohl auch eine dreieckige Leiſte über ſie genagelt (Fig. 67), um das Ausheben der Bretter auszuſchlieſsen. Die Stülpdecke (Fig. 69) hat vor den nebeneinander liegenden Brettern des einfachen Einſchubes den Vorteil gröſserer Dichtigkeit. Sind Nuten zum Anbringen des Einſchubes vorgeſehen, ſo muſs man an den Enden der Balken bis auf die Nuten hinunter Ausſchnitte von Brettbreite anbringen, um die letzten Ein-

Fig. 68.



[45]) Siehe: Teil III, Band I dieſes »Handbuches«. Fig. 448, S. 163 (2. Aufl.: Fig. 458, S. 176).

Digitized by Google

ſchubbretter in die Nuten einbringen zu können. Wegen ihrer Leichtigkeit iſt dieſe Einſchubdecke ſehr beliebt und wird häufiger verwendet, als der halbe Windelboden, dem ſie jedoch an Dichtigkeit nachſteht.

Ganz beſonders leicht kann die in Fig. 70 dargeſtellte Abart dieſer Decke hergeſtellt werden. Hier ruhen die Bretter oben auf den Balken zur Seite oder unterhalb (Fig. 71) kleiner, den Fuſsboden tragender Aufſchieblinge; nach Verſtrich der Bretter wird der entſtehende Zwiſchenraum zwiſchen den Aufſchieblingen mit Füllung geſchloſſen. Dieſe Decke iſt weder gegen Schall noch Wärmeübertragung dicht, belaſtet aber die Balken ſehr wenig und wird daher in ſolchen Gegenden verwendet, wo der ſchlechte Untergrund thunlichſt leichte Konſtruktion aller Gebäudeteile verlangt.

Fig. 69.

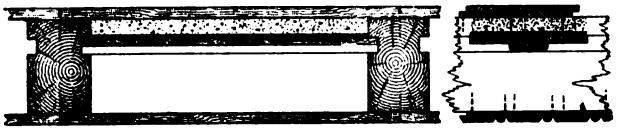
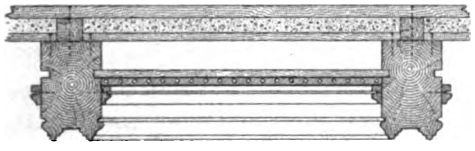
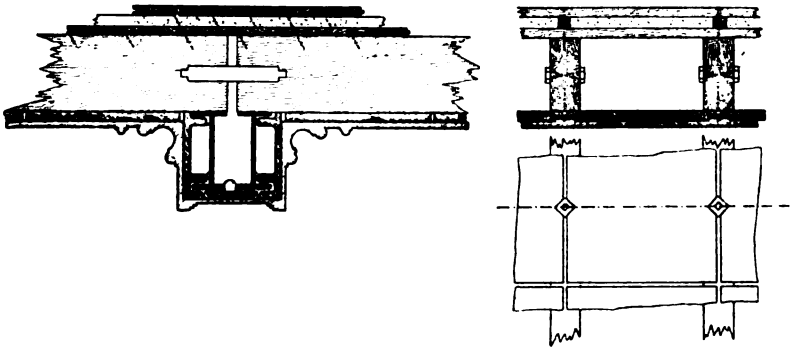


Fig. 70.



Beſonders ſchwer wird die Deckenkonſtruktion, wenn man, wie dies in Oeſterreich üblich iſt, die Stülpdecke — dort Sturzboden genannt — auf die Balken aufnagelt, alsdann die Füllung aufbringt und in letztere die Fuſsbodenlager verlegt. Die Dichtheit einer ſolchen Decke iſt eine groſse, aber auch die für dieſelbe erforderliche Konſtruktionshöhe eine bedeutende.

Fig. 71.



In leichten Holzarchitekturen findet ſich in einzelnen Gegenden, z. B. im Schwarzwalde, eine gefederte Daubenfüllung (Fig. 72), welche ſich gewölbartig zwiſchen die Balken ſpannt und durch etwas keilig geſchnittene Scheitelſchluſsfedern feſt eingeklemmt wird. Die Konſtruktion liefert keine weſentlich beſſeren Ergebniſſe als die Einſchubdecke, mit der ſie bezüglich der Füllung gleichartig behandelt werden kann; ſie iſt aber verwickelter und koſtſpieliger als dieſe, daher ſelten und nur nach Ortsgebrauch aus der Innenausſtattung der Räume entſtanden.

Fig. 72.

Dieſe Deckenkonſtruktionen, welche durch Jahrhunderte die allein verwendeten geweſen ſind, müſſen der klareren techniſchen Erkenntnis der Neuzeit mehr und mehr weichen. Ihre Mängel: das Einbringen groſser Mengen von Feuchtigkeit beim Neubaue gerade in die Teile der Gebäude, wo ſie am gefährlichſten iſt, die Mangelhaftigkeit, Vergänglichkeit, geringe Feſtigkeit

34. Mängel dieſer Konſtruktionen.

Digitized by Google

und Unreinheit der verwendeten Stoffe, das vergleichsweiſe groſse Gewicht, die bei leichterer Ausbildung mangelhafte Dichtigkeit gegen Wärme und Schall bewirken, daſs ſich die gute Bautechnik mehr und mehr von dieſen Anordnungen abwendet; ſie werden vorausſichtlich in nicht ferner Zeit zu den veralteten gehören.

35. Neuere Deckenkonſtruktionen.

Das Streben nach Bauweiſen, welche frei von den angeführten Mängeln ſind, bringt ſogar in ſehr vielen Fällen auch die Holzbalken, welche man an dieſe Zwiſchendecken geknüpft anſieht, mit zu Falle, und viele halten den eiſernen Balken für ein weſentliches Merkmal neuerer Deckenkonſtruktionen. Dieſe Anſchauung trifft nicht zu. Der hölzerne Balken kann bei richtiger Verwendung und Behandlung nach wie vor als ein durchaus zweckmäſsiger Konſtruktionsteil betrachtet werden, namentlich nachdem man erkannt hat, daſs ſich auch bezüglich der Feuerſicherheit eiſerne und hölzerne Balken nicht weſentlich verſchieden verhalten und daſs ſie beide gleich wirkſamen Schutzes gegen Feuer bedürfen.

Der Holzbalken iſt im ſtande und berechtigt, ſeine Stellung im Baugewerbe zu wahren, namentlich wo die Preiſe ihn zum billigeren Deckenträger machen und wo nicht beſonders ſchwere Laſten zu tragen oder beſonders groſse Weiten zu überſpannen ſind. Die Mängel der älteren Decken ſtecken in den Fachausfüllungen, auf deren Verbeſſerung ſich denn auch die neueren Beſtrebungen hauptſächlich richten. Daſs die Herſtellung in jeder Beziehung befriedigender Fachausfüllungen auch zwiſchen Holzbalken heute als gelungen bezeichnet werden kann, werden die nun im einzelnen zu beſprechenden neueren Löſungen zeigen.

5) Neuere Fachausfüllungen.

36. Einteilung.

Die neueren Fachausfüllungen ſind einzuteilen:

A) in ſolche, bei denen nur der Füllſtoff durch andere Mittel erſetzt iſt, und

B) in ſolche, bei denen auch der Träger der Füllung anders ausgebildet iſt, als durch Wellerung oder Einſchub; unter den letzteren ſind dann wieder zu unterſcheiden:

a) Ausfüllungen aus gebrannten oder Schwemmſteinen;

b) Ausfüllungen aus dünnwandigen gebrannten Thonkaſten oder -Platten (Terrakotten);

c) Ausfüllungen aus fertig in den Bau zu bringenden Tafeln aus Gips, Zement oder Beton;

d) Ausfüllungen aus im Bau einzuſtampfenden Mörtel- oder Betonkörpern.

α) Fachausfüllungen der Gruppe A.

37. Ausfüllungen mit Korkplatten.

Eine Zwiſchendecke mit den gewöhnlichen, oben erörterten Teilen, aber verbeſſerter Füllung zeigt die in Fig. 73 dargeſtellte Decke mit Korkplatten[46]).

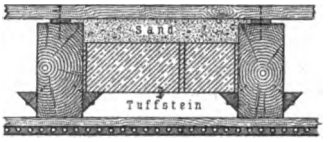
[46]) Korkſteine und Korkplatten liefern:
Die ſächſiſche Korkſtein-Fabrik Einſiedel bei Chemnitz; *A. Haacke & Co.* in Celle, letztere die Korkſteine in der Gröſse 25 × 12 × 6,5 cm mit 0,6 kg Gewicht und die Platten 3 cm, 4 cm, 5 cm und 6 cm ſtark mit Gewichten von 8 kg, 11 kg, 14 kg und 17 kg für 1 qm.
C. u. E. Mahla, Iſoliermittel-Terralith-Papyrolith-Fabrik in Nürnberg, dabei beſondere derartige Erzeugniſſe unter den Bezeichnungen Terralith und Papyrolith.
R. Stumpf in Leipzig-Plagwitz.
Grünzweig & Hartmann in Ludwigshafen a. Rh. (D. R.-P. 68532).
Infuſorit-Kork, *Rheinhardt & Co.* Hannover, Vereinigte Norddeutſche und Deſſauer Kieſelgur-Geſellſchaft in Berlin und Wien.

Digitized by Google

Letztere liefern eine ſehr warme und für Schall und Feuchtigkeit undurchläſſige Decke, bedürfen jedoch wegen ihrer geringen Tragfähigkeit durchlaufender Unterſtützung, die in Fig. 73 mittels des gewöhnlichen Einſchubes erzielt iſt. Die Fugen der Platten werden mit Gips oder Zement verſtrichen, und die Lage wird dann in der Regel zur Erzielung dichten Anſchluſſes an den Fuſsboden noch mit einer dünnen Schicht von Füllſand bedeckt.

Fig. 73.

Fig. 74.



β) Fachausfüllungen der Gruppe B, a.

38. Decken mit tragender Ausfüllung.

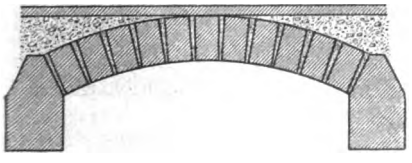
Decken mit tragender Füllung beſſerer Art entſtehen zunächſt nach Fig. 74, indem man Steinreihen in Mörtel auf die an die Balken genagelten Leiſten ſetzt, und zwar bei engen Balkenteilungen und unter geringer Laſt mit flach gelegten, ſonſt mit hochkantig geſtellten Steinen. Bei Verwendung guten Mörtels erlangt dieſe Füllung aus hochkantig ſtehenden Steinen noch eine erhebliche Tragfähigkeit, wenn man bis zu lichten Fachbreiten von drei Steinlängen geht, was dann etwa 95 cm Teilung der Balkenmitten entſprechen würde. Die Stoſsfugen ſind dabei in den Reihen in Verband zu verſetzen.

Verwendet man gewöhnliche Backſteine, ſo wird die Decke unverhältnismäſsig ſchwer; deshalb werden zu ſolchen Zwecken überwiegend Langlochſteine verwendet. Bei gutem Mörtel kann man mit der Fachweite bis zu 1½ Steinlängen gehen, wenn man die Lochſteine auch flach legt.

Leichter, wärmer und dichter werden dieſe Ausfüllungen aber unter Verwendung von Tufffchwemmſteinen, die, hochkantig geſtellt, für die gewöhnlichen Verhältniſſe der Holzbalkenlagen bis 100 cm Teilung trotz ihrer weſentlich geringeren Feſtigkeit noch ausreichen. Die Schwemmſteine gehören zu den beſten Füllungen, ſie ſind auch porig genug, um luftige Lage der Balken zu ſichern. Uebrigens zeigt Fig. 74 die üblichen Anordnungen.

Noch tragfähigere Ausfüllungen aus Steinen erhält man durch Schlieſsung der Balkenfache mittels regelrechter Wölbung nach Fig. 75; doch hat dieſe Konſtruktion die Nachteile, daſs ſie vergleichsweiſe viel Höhe beanſprucht, daſs die Balken durch Wegſchneiden gerade ihrer wichtigſten Teile ſehr geſchwächt werden, daſs die Balken oben ſtark eingeſchloſſen liegen, weil man gerade die Kämpferfuge ſehr dicht ſchlieſsen muſs, daſs die Balken alſo bei feuchten Räumen in ſolchen Decken nicht lange ausdauern, und daſs man zur Aufnahme des Schubes entweder ſtarke Wände oder Verankerungen nötig hat, die allerdings unter Umſtänden durch eine unter die Balken gelegte Decke gebildet werden können.

Fig. 75.



Stamme & Co. in Hannover.
O. Weſthoff in Chemnitz.
Nafsger & Rau in Hambung-Billwärder a. B.
Ueber Korkplatten ſiehe auch Teil III, Bd. 2, Heft I (Art. 167, S. 194; 2. Aufl.: Art. 165, S. 173) dieſes »Handbuches«.

Digitized by Google

Ueber eine jetzt etwa 180 Jahre alte, gut erhaltene Ausführung dieſer Art in dem 1723 errichteten Hauſe »Lippſche Roſe« zu Lippſtadt i. W. berichtet *Merkle*[47]):

Ueber einem groſsen Kellerraume ſind hier quadratiſche Eichenbalken von 23 cm Quadratſeite mit Tragweiten von 4,0 m bis 6,3 m in 87 cm bis 75 cm Mittenteilung über Ecke ſo gelagert, daſs die eine Eckverbindung des quadratiſchen Querſchnittes lotrecht ſteht. Die beiden oberen unter 45 Grad geneigten Balkenſeiten dienen den Kappen als Widerlager und tragen 15 cm ſtarke Wölbungen aus Vollſteinen mit 20 cm Pfeil. Die Konſtruktion iſt zwar ſehr einfach, nutzt aber die Tragfähigkeit der Balken für die lotrechten Laſten nicht voll aus, da das Widerſtandsmoment für dieſe ſtatt $\frac{23^3}{6} = 2028$ nur $\frac{23^4 \cdot 2}{12\sqrt{2} \cdot 12} = 1434$ (auf Centim. bezogen) beträgt, wodurch die erzielte Vermeidung des Balkenverſchnittes zum Teil wieder aufgehoben wird.

Günſtiger wird dieſe Decke nach Fig. 76 aus Lochſteinen[48]) innerhalb der Balkenhöhe gebildet, da das Gewicht wegen der wegfallenden Auffüllung und der groſsen Hohlräume erheblich abnimmt. Der Kämpfer iſt durch geputzte Dreiecksleiſten aus Zement auf unten angenagelten Latten gebildet. Der Schub der Bogen wird von der Deckenſchalung aufgenommen.

Fig. 76.

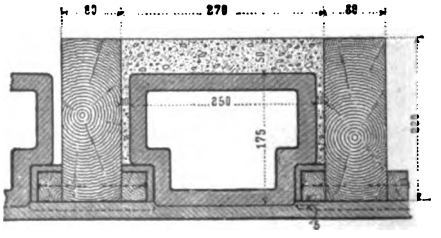
Für Feuerſicherheit iſt in den Konſtruktionen nach Fig. 75 u. 76 nichts geſchehen; es erſcheint nicht folgerichtig, einen ſo ſtarken und feuerſicheren Körper, wie den Steinbogen, auf die unſicheren Balken zu ſetzen, wenn man dieſe nicht durch eines der im Laufe der weiteren Erörterungen zu beſchreibenden Mittel ausgiebig gegen Feuer ſchützt.

γ) Fachausfüllungen der Gruppe B, b.

39. Ausfüllungen aus gebrannten Thonkaſten.

In neuerer Zeit treten nach amerikaniſchem Vorgange dünnwandige, hartgebrannte, oft porige Thonkaſten (Terrakotten) an die Stelle von Vollſteinen, Lochſteinen und Schwemmſteinen, und zwar mit vollem Rechte; denn derartige Körper bilden ganz vorzügliche Fachausfüllungen. Ihre Einführung iſt wegen der anfänglich hohen Preiſe langſam vorgeſchritten; nachdem ſich aber in den letzten Jahren groſse Ziegeleien auf ihre Herſtellung eingerichtet haben, ſind die Preiſe nicht mehr ſo hoch, daſs ſie nicht durch die erzielte gröſsere Güte begründet erſchienen. Weitgehende Verwendung derartiger Füllungen kann unbedenklich empfohlen werden.

Fig. 77.



Eine ältere Ausführungsform mit Thonkaſten (Terrakotten) dieſer Art franzöſiſchen Urſprunges von *Laporte* zeigt Fig. 77, welche jedoch wegen der nicht ſehr groſsen Abmeſſungen der gebrannten Hohlſteine eine eng geteilte Balkenlage aus Bohlenbalken (ſiehe Art. 21, S. 39) vorausſetzt. Dieſe Anordnung, bei welcher die Unterflächen der Steine zur Aufnahme des Putzes geriffelt, die Balken in gewöhnlicher Weiſe berohrt oder mit Plieſterplatten benagelt ſein müſſen, iſt in Frankreich vielfach ausgeführt[49]).

[47]) In: Deutſche Bauz. 1900, S. 7.

[48]) Angeboten als »Excelſior«-Leichtſteine aus Gips, Kalk oder Zement und Kohlenaſche, Sägemehl oder Lohe in Abmeſſungen von 25 × 12 × 10 cm gegoſſen und ungebrannt als leichterer Erſatz für Schwemmſteine von *Fr. Steffens* in Aachen.

[49]) Hohle Thonkaſten (Terrakotten) nach Patent *Laporte* liefert die *Grande Tuilerie de Bourgogne* in Montchanin-les-Mines. — Ueber derartige Decken ſiehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 202. — *Annales induſtrielles* 1885 — II, S. 39. — *Annales de travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2119. — *Le genie civil*, Bd. 16 (1890), S. 316.

Digitized by Google

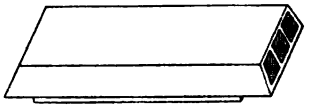
Solche Decken ſind vergleichsweiſe leicht und haben den groſsen Vorzug, trotz der hölzernen Balken wenigſtens von unten faſt vollſtändig vor Feuer geſchützt zu ſein. Die *Grande Tuilerie de Bourgogne* zu Montchanin-les-Mines liefert 1 qm der hohlen Thonkaſten zu etwa 3 Mark.

Eine ähnliche Anordnung mit Hohlſteinen zeigt auch Fig. 78, nach welcher auch breitere Gefache ausgefüllt werden können. Hier iſt für den Deckenputz beſondere Schalung anzubringen, und der Vorteil des Schutzes gegen Feuer entfällt.

Fig. 78.

Fig. 79.

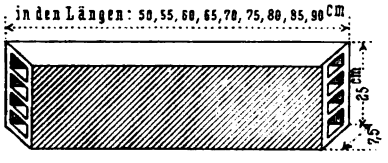
Fig. 80.



Andere derartige Kaſtenformen deutſchen Urſprunges zeigen Fig. 79, 80 u. 81. Die weitgeſpannte, durch Innenrippen verſteifte Form in Fig. 79 wurde ſchon 1855 von *Scherrer* [50]) angegeben, iſt aber ihrer Zeit der Schwierigkeit der Herſtellung wegen nicht in erheblichem Maſse verwendet.

Eine zweckmäſsige Form dieſer Art für ziemlich weite Balkenfache iſt nach Fig. 80 ſchon ſeit längerer Zeit nach *Perrière* [51]) in Frankreich üblich, wo die Ziegelei von *Derain & Dinz* bei Chalon-ſur-Saône ſolche Stücke bis zu 70 cm Länge und 20 cm Fuſsbreite anfertigt; bei Verſuchen im *Conſervatoire des arts et métiers* zu Paris ergaben ſie eine Tragfähigkeit von über 2000 kg für 1 qm. Die Stücke tragen unter dem Boden einen plattenartigen Anſatz, welcher mit den die Thonkaſten aufnehmenden, an die Balken genagelten Leiſten gleiche Höhe hat, ſo daſs die Unterfläche für Herſtellung eines überall gleich ſtarken Putzes bündig mit der Balkenunterfläche liegt.

Fig. 81.



Ganz ähnliche, noch gröſsere Stücke deutſchen Urſprunges [52]), welche dieſelbe Tragfähigkeit beſitzen, zeigt Fig. 81; dieſe ſind der Quere nach nicht keilig geſtaltet, wie die in Fig. 80 dargeſtellten; auch fehlt ihnen der untere Anſatz, der übrigens auch mehr zur Ausgleichung der Flanſchdicken bei Lagerung auf die Unterflanſche von Eiſenträgern beſtimmt iſt. Gibt man ihm die volle Höhe von Holzleiſten als Dicke, ſo wird der Kaſten erheblich ſchwerer. Derartige Kaſten werden in Mörtel verlegt, und ihre Fugen werden mit Mörtel verſtrichen.

Uebrigens verweiſen wir hier auf die zahlreichen Formen ſolcher Thonkaſten, welche zur Füllung der Fache von Eiſenbalken verwendet werden und ſpäter zur Beſprechung gelangen. Sie ſind faſt alle auch für Holzbalkenfache verwendbar.

Die Vorteile ſolcher dünnwandiger Thonkaſten beſtehen neben den groſsen, die Decke warm, ſchalldicht und leicht machenden Hohlräumen und der Unvergänglichkeit des Stoffes in der Gleichmäſsigkeit und geringen Abmeſſung der Wanddicken; dieſe bedingen bei der Herſtellung das ſtarke Durcharbeiten und Preſſen des Thones und erlauben ſtarkes Brennen, da nicht einzelne Teile früher anfangen zu

50) Siehe: Deutſche Bauz. 1882, S. 511; 1895, S. 531.

51) Schweiz. Bauz., Bd. 5, S. 16. — *Le génie civil* 1885, S. 19.

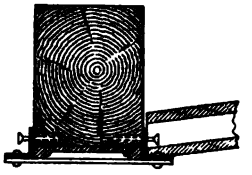
52) Von: *Heinrich Breuning* in Stuttgart; Aktiengeſellſchaft Dampfziegelei Waiblingen; *T. Sponagel*, Induſtriequartier in Zürich.

Digitized by Google

verfintern als andere. Man wird in den dünnen Wänden alfo in der Regel ein fehr gleichmäfsiges und dichtes Gefüge und hohe Feftigkeit finden, woraus fich die hohe Tragfähigkeit folcher Kaften ergibt. Dafs fie aus gleichen Gründen einen hohen Grad von Feuerficherheit befitzen, braucht nicht befonders betont zu werden.

Die Ausfüllung der Balkenfache mit fchiebenden oder nicht fchiebenden Hohlfteinen oder Thonkaften leidet an den Schwierigkeiten, dafs die Einfchliefsung der Balken durch das Mauerwerk die Gefahr des Faulens erhöht und dafs das Schwinden der Balken die Spannweite der Wölbung ändert, alfo zur Lockerung der Fachausfüllung und zu Riffen Anlafs gibt.

Fig. 82.



Bilgner[53]) in Schwerin gibt zur Vermeidung diefer Mängel die in Fig. 82 dargeftellte Anordnung an. An die Balken werden unten unter Einlegen von Füllringen Winkeleifen nicht dicht fchliefsend angenagelt, welche die Fachausfüllungen aufnehmen; zwifchen diefen und den Balken bleibt eine dünne Luftfchicht. Die beiden an einen Balken genagelten Winkel find quer unter dem Balken hin durch eine Anzahl von Querblechen verfteift, die mit jedem der beiden Winkel vernietet oder verfchraubt werden. Trocknet der Balken nun ein, fo erweitern fich nur die Räume zwifchen Winkeln und Balken; die Weite der Fachausfüllungen bleibt unverändert, weil die Querbleche das Mitgehen der Winkel mit den Balken verhindern; die Nägel ziehen fich dabei etwas aus dem Holze. Die Querbleche unter den Balken können zum Auflegen von Fliefen benutzt werden, die die Balken von unten decken.

Fig. 83.

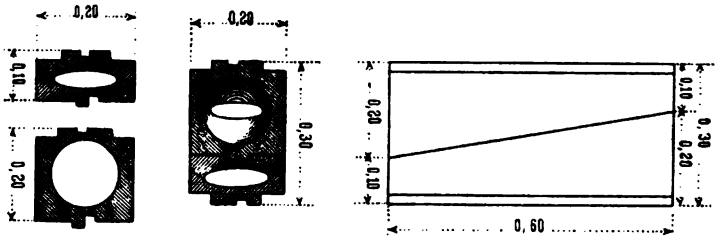
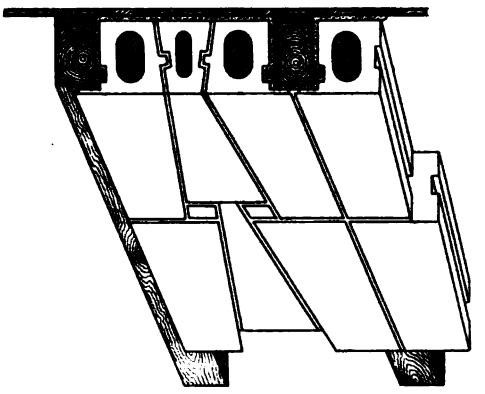


Fig. 84.



Ein Nachteil diefer Konftruktion ift, dafs das Gewicht der Fachausfüllung allein durch die Biegungsfeftigkeit der aus den Balken vorragenden Nägel getragen werden mufs; man wird deshalb einer folchen Decke keine hohe Belaftung zumuten dürfen. Diefer Mangel könnte aber vermieden werden, indem man zur Stützung der Fachausfüllungen ftatt der L-Eifen ⅂-Eifen verwendete und die oberen Flanfche der letzteren in einer entfprechenden Nut des Balkens gleiten liefse, womit dann zu-

[53]) Siehe: Centralbl. f. Bauverw. 1897, S. 528.

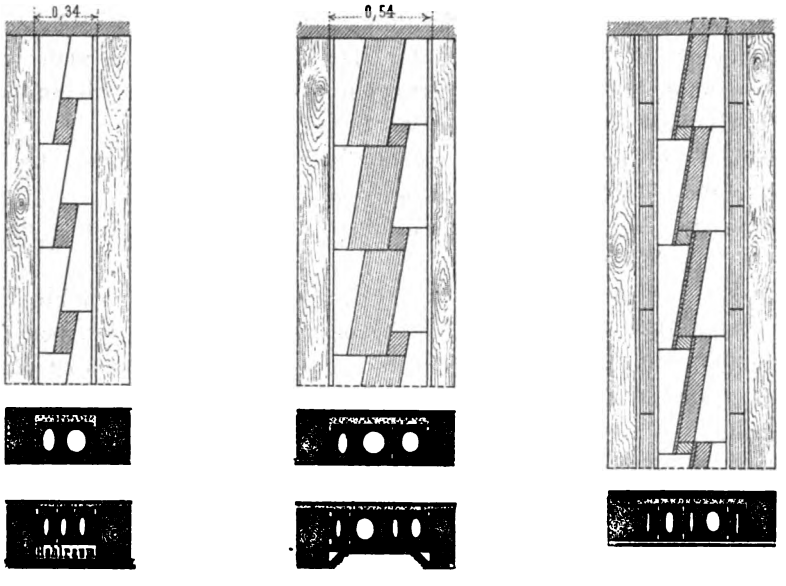
Digitized by Google

gleich auch der Zwiſchenraum zwiſchen Eiſen und Balken nach oben hin gegen Durchfallen von Sand und dergleichen abgeſchloſſen wäre.

Es liegt auf der Hand, daſs ſich dieſe Konſtruktion nicht bloſs für das Auswölben von Fachen zwiſchen Holzbalken und Ausfüllung mit Thonkaſten eignet, daſs man vielmehr auch alle weiter unten zu beſprechenden, plattenartigen Fachausfüllungen in ſolcher Weiſe lagern kann.

Die Keilſteindecke von *Kapferer*[54]) in Biebrich a. Rh. zwiſchen Holzbalken geht darauf aus, eine Fachausfüllung aus Hohlſtücken zu erzielen, die thunlichſt für alle Fachweiten ohne weiteres paſst und ſich zwiſchen den Balken verſpannt, ohne einen erheblichen Schub gegen letztere zu äuſsern. Sie wird aus Hohlſtücken in keiliger und dübelförmiger Geſtalt nach Fig. 83 gebildet, welche aus gebranntem

Fig. 85. Fig. 86. Fig. 87.



Thon, hart oder löcherig, aus Zementmörteln, aus Tuffſteinſchwemmmaſſe oder ſonſtigem Kunſtſtein hergeſtellt ſind. In die obere und untere Decke der Stücke werden, wenn ſie nicht aus gebrannter Maſſe beſtehen, Kokosfaſern eingelegt, um Fuſsboden- und Deckenteile unmittelbar nageln zu können, was bekanntlich auch bei löcherig gebranntem Thone möglich iſt.

Fig. 83 zeigt die gewöhnlichen Grundmaſse der Keil- und Dübelſtücke, die übrigens auch, von 5 zu 5 cm ſteigend, in anderen Maſsen ausgeführt werden. Daſs man übrigens ſchon mit den Regelſtücken ſehr verſchiedene Fachweiten füllen kann, zeigen Fig. 84, 85 u. 87, die alle nur regelmäſsige Stücke enthalten. Fig. 86 enthält Regelſtücke doppelter Breite und deckt damit eine groſse Zahl von Zwiſchenſtufen der Fachweite. Auch ſchiefe trapezförmige Felder laſſen ſich mit den beiden Arten der Stücke unter geringem Verſchneiden der Dübelſtücke leicht und dicht füllen, indem man am breiteren Ende beginnt. Die Hohlſtücke ſind mit 20 cm Höhe etwas niedriger als die Balken.

Daſs der überbleibende Raum nach oben wie nach unten gebracht werden

54) Siehe: Zeitſchr. f. Bauhdwk. 1897, S. 187; 1898, S. 46 (D. R.-P. 91360).

Digitized by Google

kann, indem man die Lagerleiſten in entſprechender Höhe an die Balken nagelt, zeigen Fig. 84, 85 u. 86. Fig. 87 läſst erkennen, daſs man mittels Ergänzung des unteren Bodens der Keil- oder der Dübel-, kurz derjenigen Stücke, die unmittelbar neben die Balken zu liegen kommen, auch einen feuerſicheren Schutz der Balken nach unten erzielen kann. Der Vergleich von Fig. 86 u. 87 lehrt, daſs jede Fachweite, die in der Mitte zu breite Dübelſtücke ergeben würde, mit ſchmaleren Dübeln gedeckt werden kann, wenn man dieſe ſtatt der Keilſtücke unmittelbar neben die Balken legt.

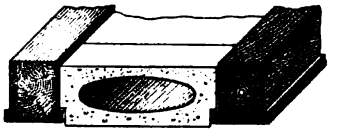
Das Verlegen erfolgt zwiſchen Holzbalken am beſten ganz trocken, ohne Mörtel, damit gar kein Waſſer in die Decke kommt. Dichtigkeit wird dann durch entſprechende Füllung erzielt, die nicht durchrieſeln kann, weil die breiten Verfalzungen den Schluſs überall, ſelbſt beim Eintrocknen der Balken, noch aufrecht erhalten. Den Deckenputz kann man hier, wie bei allen Steinflächen, unmittelbar unterbringen, namentlich, wenn die Hohlſtücke die Balken nach Fig. 84 untergreifen. Bei entſprechender Wahl des Stoffes für die Hohlſtücke kann man jedoch auch Putzträger wie unter Holzſchalung unternageln, was ſich namentlich empfehlen wird, wenn die Holzbalken unten nicht von den Steinen gedeckt ſind.

Bei einiger Vorſicht können gewöhnliche Holzbalkenfache ohne ſtützende Rüſtung mit dieſen Hohlſtücken gefüllt werden.

Das Gewicht der fertigen Fachausfüllung beträgt etwa 100 kg für 1 qm, der Preis zur Zeit 2,50 Mark für 1 qm.

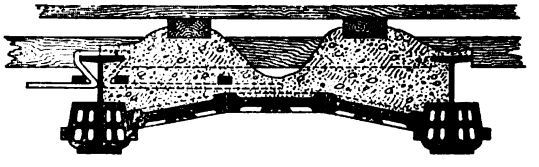
Die Decke von *Heiſter*[55]) mit Keilverſpannung verwendet hohle Formſtücke, welche aus einem Brei von Gips und zerkleinerter Schlacke in Formen 50 cm lang, 26 cm hoch und in von 3 zu 3 cm ſteigenden Breiten den zu deckenden Balkenfachen entſprechend gegoſſen und dann trocken auf Leiſten an den Balken verlegt werden; in den Seitenflanken der Formſtücke befinden ſich dieſen Leiſten entſprechende Nuten. Die Flanken der Stücke ſind ſo geneigt, daſs ſie oben ſchmaler ſind als unten; die ſo entſtehende keilige Fuge an den Balken wird benutzt, um die Fachausfüllung durch Eintreiben von Keilen zwiſchen den Balken zu verſpannen.

Fig. 88.



Frohnecke[56]) verwendet die in Fig. 88 dargeſtellten Hohlformen aus Zementbeton, Gips, gebranntem Thon mit anderweiten, erleichternden Zuſatzſtoffen in Breiten von 5 bis 25 cm und Längen, welche die gewöhnlichen Balkenfache decken, um ſie ohne Fugen, dicht aneinander auf unten an die Balken genagelte Latten zu reihen.

Fig. 89.



40. Ausfüllungen mit Thonplatten.

Eine andere Form der Verwendung gebrannten Thones bilden Thonplatten, deren Geſtalt der von Ziegeln nahe kommt und die unten mit Verzierungen und Glaſur verſehen ſein können[57]). Auch gewölbeartige Fachausfüllungen können aus ſolchen Platten gebildet werden. Fig. 89 zeigt ſolche zwiſchen Eiſenbalken; doch iſt das Einſetzen zwiſchen Holzbalken ebenſo möglich.

---

55) D. R.-P. 66355. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1895, S. 432.

56) D. R.-G.-M. 82331. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1571.

57) Siehe: *Annales de travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2118.

Digitized by Google

Ein beſonderer Schutz der Balken gegen Feuer erſcheint hier nicht erforderlich, weil die in Gips verſetzten und mit Gips überdeckten Platten doch keine feuerſichere Decke ergeben, da der Gips bei mäſsiger Hitze ſchon zerfällt.

Hierher gehört auch die gleichfalls aus Frankreich und Belgien ſtammende Ausfüllung mit den Dachziegeln ähnlichen Thonflieſen, wie ſie in zwei Ausbildungen in Fig. 90 u. 91 dargeſtellt ſind.

Fig. 90 zeigt eine Zwiſchendecke aus zwei Reihen mit Gips verſtrichener, gegeneinander gelehnter Thonflieſen, unter der dann eine der Dichtigkeit wegen mit Gips überfüllte Deckenſchalung zu beſonderer Ausbildung der Decke angebracht iſt. In Fig. 91 bleiben die Balken unten ſichtbar und ſind daher verziert; die hier wagrecht aufgelegten, vertieften Thonflieſen ſind unten glaſiert, gegen die Balken mit Gips verſtrichen und geeignet, zur Erhöhung der bei der dargeſtellten Konſtruktion nur geringen Dichtigkeit eine Lage Füllſtoff aufzunehmen. Dieſe Decken ſind aufserordentlich leicht, aber auch wenig dicht.

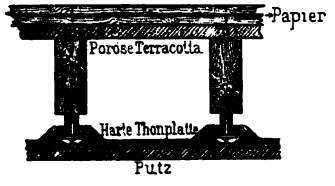
Fig. 90.

Fig. 91.

Solche Decken ermangeln der Feuerſicherheit gänzlich, und in Fig. 91 wirkt auch die aus ſchmalen, vertieften Feldern gebildete Unteranſicht nicht ſehr günſtig.

Aus Nordamerika iſt unter den Fachausfüllungen aus gebranntem Thon ein dort in ausgedehntem Maſse verwendeter, eine gängige Handelsware bildender, eigenartiger Bauſtoff von ſehr hoher Feuerbeſtändigkeit anzuführen, welcher, auf die Balken genagelt, dieſe von oben vor dem Feuer völlig ſchützt und bei ſehr geringem Gewichte als Erſatz der Fachausfüllungen ſehr leichte Deckenkonſtruktionen liefert. Dies iſt ein mit Sägemehl gemengter, gebrannter, daher in fertigem Zuſtande ſtark poriger Thon, welcher, wenn aus ſandigem Thone angefertigt, *porous terracotta,* aus ſandfreiem Thon hergeſtellt, *terracotta lumber* [58]) genannt wird.

Fig. 92.



Dieſe porigen Thonplatten beſitzen groſse Dichtigkeit gegen Wärme und Schall, ſind erheblich ſicherer gegen Feuer als dichter Backſtein, haben ziemlich hohe Tragfähigkeit und ſchlieſslich die ſchätzbare Eigenſchaft, ſich wie Holzplatten nageln zu laſſen. Dieſe Platten werden auf eng geteilten, ſchmalen Bohlenbalken verlegt (Fig. 92) und genagelt, in den ſtumpfen Fugen mit Zement gedichtet und vom Fuſsboden unmittelbar überdeckt, welcher durch die Thonplatten genagelt wird. Die Eigenſchaften dieſer billig herzuſtellenden Platten ſind in jeder Beziehung höchſt ſchätzbare, und der Verſuch, ſie auch bei uns einzuführen, würde vorausſichtlich erfolgreich ſein.

δ) Fachausfüllungen der Gruppe B, c.

41. Ausfüllungen mit künſtlichen Tafeln.

Von Fachausfüllungen aus fertig in den Bau zu bringenden Tafeln aus Gips, Zement, Beton und anderen Mörtelarten mit verſchiedenen Beimengungen iſt im Laufe der letzten Jahre eine ganze Reihe entſtanden, die ſämtlich gute Konſtruktionen liefern.

Der Hauptzweck derartig vorbereiteter Konſtruktionsteile beſteht im Einbringen nur ganz trockener Stoffe in den Bau, damit die Decken nicht ſo langer Zeit zum

[58]) Siehe: *American engineer* 1887, S. 230. — Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264. (2 bis 3 Teile Thon werden mit 1 Raumteil Sägemehl gemengt.

Digitized by Google

Trocknen bedürfen, wie die älteren, und die Balken bei mangelhafter Austrocknung nicht gefährdet werden.

42. *Mack*'s Gipsdielen.

Eine ausgezeichnete Fachausfüllung dieſer Art ergeben die *Mack*'ſchen Gipsdielen[59]). Die Decke nach Fig. 94 koſtet, mit Gipsdielen (ſtatt der in die Abbildung eingetragenen, weiter unten zu beſprechenden Spreutafeln) ausgeſtattet, etwa 13,50 Mark für 1 qm[60]). Die Dielen werden auf Wellerleiſten verlegt und in den Fugen mit Gips verſtrichen. Liegen ſie oben bündig, ſo kann man hölzerne Fuſsbodenteile unmittelbar auf ſie aufſchrauben; unten mit den Balken bündig liegende Gipsdielen können unmittelbar den Deckenputz aufnehmen, wenn man die Balkenunterflächen vorher berohrt hat. Die Tragfähigkeit genügt ſelbſt für groſse Weiten der Balkenfache. Derlei Decken ſind ſehr leicht, dicht und warm, zwar wegen des Zerfallens des Gipſes in der Hitze nicht feuerſicher, doch aber ziemlich widerſtandsfähig gegen Feuer, weil auch der zerfallene Gips die zähen Beimengungen noch leidlich ſchützt und einigen Zuſammenhalt wahrt[61]).

43. *Katz*'s Spreutafeln.

Nahe verwandt den Gipsdielen ſind die Spreutafeln von *Katz*[62]). Die Bearbeitung mit Säge und Meſſer iſt wie bei Holz möglich; auch haften Holzſchrauben vollkommen in der Maſſe. Eine Seite der Tafeln wird rauh geformt, damit ſie Deckenputz unmittelbar aufnehmen können.

Wie Fig. 93 u. 94 zeigen, erfolgt die Deckenausbildung nach Art der halben Windelböden oder Einſchubdecken durch Auflagern der Spreutafeln auf Wellerleiſten mit oder ohne Füllung, je nachdem die Art des aufzulegenden Fuſsbodens es erfordert. Die Konſtruktion nach Art des ganzen Windelbodens (Fig. 95), bei der kein Platz für Wellerleiſten vorhanden iſt, wird ermöglicht, indem man verzinkte Drähte, entweder winkelrecht zu den Balken d_1 oder im Zickzackmuſter d_2, in etwa 10 cm Abſtand, ſtraff unter die Balken nagelt. Die Zickzackführung hat den Zweck, die Drähte nachträglich recht ſtraff ſpannen zu können. Auf dieſes Drahtnetz werden die Spreutafeln *s* loſe aufgelegt. Die Fugen zwiſchen den Tafeln und an den Balken werden auch hier mit Gips verſtrichen, ſo daſs jedes Durchrieſeln der Füllung ausgeſchloſſen iſt. Auch dieſe Deckenkonſtruktion iſt leicht, dicht und warm, jedoch nur wenig feuerbeſtändig.

Fig. 93.

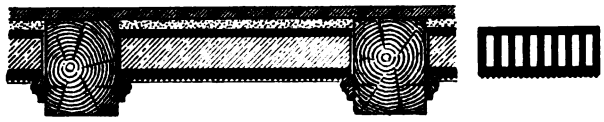
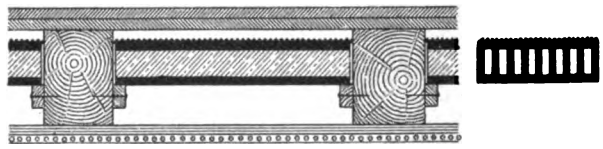


Fig. 94.



Bei Belaſtungsverſuchen mit gleichförmig verteilter Laſt zeigten ſich bei 80 cm Balkenentfernung auf den Konſtruktionen in Fig. 95 u. 96 die erſten feinen Riſſe im unteren Deckenputze bei 670 kg für 1 qm; erſt bei 1000 kg für 1 qm erreichten ſie beträchtliche Gröfse[63]).

[59]) Siehe über dieſelben Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 171, S. 196; 2. Aufl.: Art. 169, S. 175 dieſes »Handbuches« — ferner: Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öft. Baudienſt 1896, S. 456.

[60]) Siehe: Deutſche Bauz. 1890, S. 7.

[61]) Gleiche Dielen werden auch von *A. Gebhardt* in Koblenz (Kanton Aargau) hergeſtellt; auch von der Aktien-Gefellſchaft für Beton- und Monierbau in Berlin und von *W. Lüders* in Weifsenthurm a. Rh.

[62]) Siehe über dieſelben Teil III, Band 2, Heft 1 (Art. 172, S. 196; 2. Aufl.: Art. 170, S. 175) dieſes »Handbuches«.

[63]) Die Druckfeſtigkeit der Spreutafeln beträgt 18,3 kg für 1 qcm des vollen Querſchnittes.

Digitized by Google

44. *Rabitz*- und *Monier*-Platten.

Nach den jetzt abgelaufenen Patenten *Rabitz* und *Monier* werden maſſive Tafeln aus Zementmörtel, verlängertem Zementmörtel oder auch feinem Beton geſtampft, in deren Zugſpannungen ausgeſetzte Seite Drahteinlagen nahe der Aufsenfläche eingeſtampft werden, ſo daſs die Platten ein ganz erhebliches Maſs von Tragfähigkeit erhalten. Art und Verwendung der Drahteinlagen werden ſpäter noch beſonders erörtert. Die Stärke beträgt mindeſtens 4 cm und je nach der verlangten Tragfähigkeit mehr.

Derartige Platten kann man, z. B. als Unterlage für Linoleum, oben auf die Balken nageln, auf Einſchubleiſten zwiſchen die Balken legen und ſchlieſslich auch

Fig. 95.

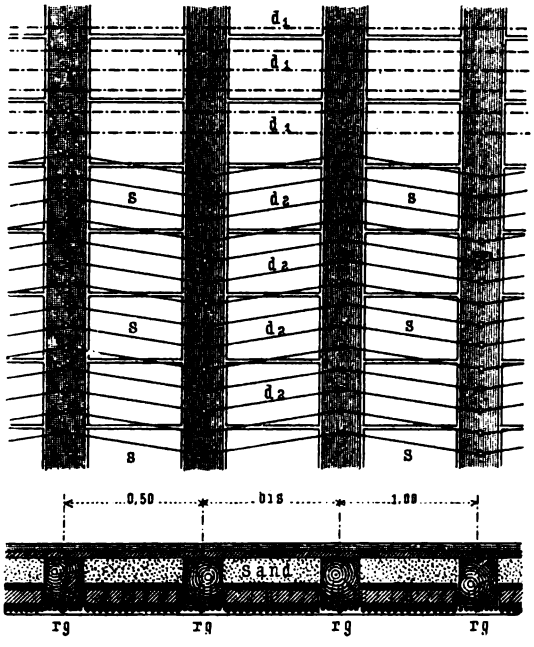
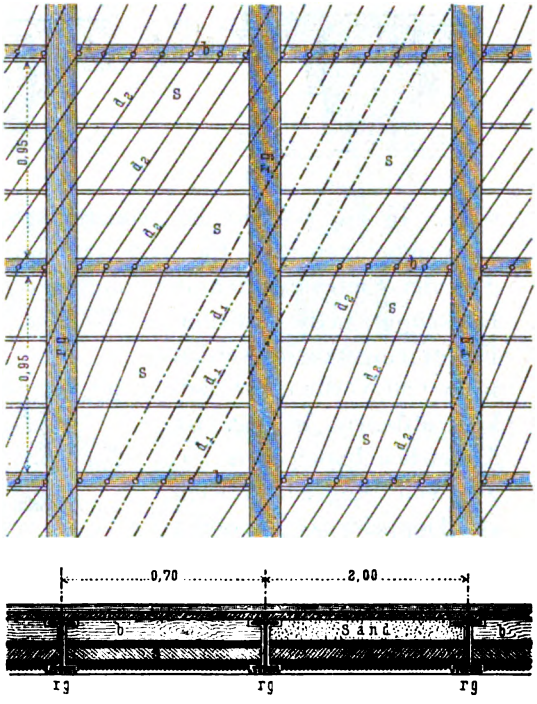


Fig. 96.



unter die Balken ſchrauben. Ihre Abmeſſungen können erhebliche ſein, ſo daſs man nur wenige Fugen mit Zement zu dichten hat. Bei den vielen Möglichkeiten der Höhenlage iſt Füllung nach Bedarf einzubringen. Da dieſe ſehr dichten Platten den Schall gut übertragen, ſo iſt es ratſam, zur Schalldämpfung in ſolchen Decken Hohlräume vorzuſehen.

Laufen die Tafeln über mehrere Balkenfache hin, ſo iſt die Zugſeite über den Balken die obere, in den Fachmitten die untere. Die Drahteinlage wird dann in geſchlängelter Form ſo eingelegt, daſs ſie über den Balken oben, in den Fachmitten unten liegt. Ausführlicher werden derartige Decken noch bei den eiſernen Balkenlagen behandelt.

Verſieht man eine hölzerne Balkenlage oben und unten mit ſolchen Tafeln, ſo entſteht ein Grad von Feuerſicherheit, der nur bei ſehr lange anhaltenden heftigen Feuersbrünſten verſagt.

Behufs Aufnahme von Deckenputz wird die Unterſeite der Platten aufgerauht.

Digitized by Google

Um derartige Mörtelplatten dicker und tragfähiger zu machen, ohne ihr Gewicht zu vermehren, verfieht man fie mit Hohlräumen.

45. *Stolte's* Stegzementdielen.

Hierher gehören die *Stolte'*fchen Stegzementdielen[64]), welche zwifchen Holzbalken nach Fig. 97 bis 101 verwendet werden; eingehender wird ihre Herftellung und Art bei den eifernen Balkenlagen befchrieben; hier fei nur betont, dafs ihre Tragfähigkeit durch Bandeifeneinlagen wefentlich erhöht ift.

Fig. 97 zeigt das Einlegen der Stegzementdielen zwifchen die oberen Balkenteile unter einem Holzfufsboden; nach Fig. 98 find die etwas tiefer liegenden Stegzementdielen erft mit einem Betonlager bedeckt, welches dann einen Linoleumbelag

Fig. 97.

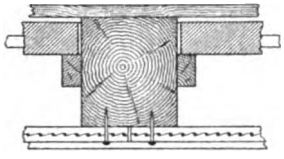


Fig. 98.

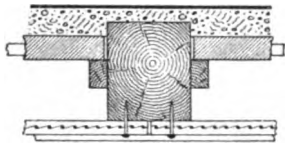
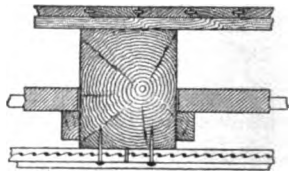


Fig. 99.



trägt. In Fig. 99 find die Zementdielen unter einem Blindboden mit Parkett weiter nach unten gerückt. Fig. 100 zeigt fie in derfelben Lage, von kleinen Winkeleifen ftatt der Einfchubleiften der zuletzt angeführten Konftruktion getragen, damit der Deckenputz in die vertieften Felder eingebracht werden kann und vorftehende Balken entftehen. In Fig. 101 fchliefslich bilden zwei Lagen von Stegzementdielen eine Doppeldecke; die obere liegt bündig mit der Balkenoberkante und trägt einen dünnen Eftrich mit Linoleum; die untere ift mittels angefchraubter Winkel unten bündig gelegt, um ebenen Deckenputz aufzunehmen. Eine mit Luftraum unter den Balken genagelte Blechplatte foll dem Feuer den Angriff von unten erfchweren. Die Fugen werden auch hier mit Gips oder beffer mit Zementmörtel gedichtet.

Fig. 100.

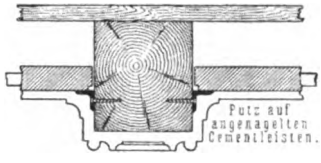
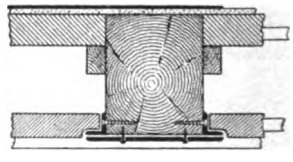


Fig. 101.



Alle Formen der Holzbalkendecke einfchliefslich der doppelten mit Blindbalken find mittels Erfatz des Einfchubes oder der Wellerung durch Zementbretter[65]) in durchaus befriedigender Weife auszubilden. Irgend welche Aenderung der bekannten Konftruktion tritt dadurch nicht ein; die Decken gewinnen aber an Trockenheit, Dichtigkeit und Feuerficherheit in jeder Beziehung.

ε) Fachausfüllungen der Gruppe B, b.

46. Ausfüllungen mit im Bau eingeftampften Platten.

Füllungen aus erft im Bau eingeftampften Platten aus Mörtel mit und ohne Einlagen kommen in neuerer Zeit auch für Holzbalken zur Anwendung, wenn

[64]) Geliefert von der Zementbau-Aktiengefellfchaft in Hannover; von der Deutfchen Zementbau-Gefellfchaft in Berlin D. R.-P. 71351, 87014, 91654; D. R.G.M. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50. — Schweiz. Bauz. Bd. 30 (1897), S. 144. — Zeitfchr. Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006. — Oefterr. Monatfchr. f. d. öff. Baudienft 1896, S. 455.

[65]) Erzeugt von *J. Wygafch* in Beuthen. — Siehe auch: Haarmann's Zeitfchr. für Bauhdwk. 1897, S. 164. — *O. Höffer* in Breslau. Verlag von J. Max (M. Tietzen).

Digitized by Google

auch ihr hauptſächliches Verwendungsgebiet die eiſernen Balkenlagen bilden. Bei letzteren ſollen denn auch ihre Anordnung und Herſtellungsweiſe eingehender erörtert werden; hier führen wir nur die Formen und Verfahren an, welche in Verbindung mit Holzbalken vorkommen.

47. *Rabitz*- und *Monier*-Platten.

Zunächſt zeigt Fig. 102 eine ältere Verwendung der um eine Drahtnetzeinlage eingeſtampften Mörtelplatten nach *Rabitz* und *Monier*[66]). Die obere dient als Fuſsboden, etwa für Linoleumbelag, die untere, nach Bedarf mit Drähten an den Balken nochmals aufgehängte, die Decke im engeren Sinne; letztere iſt auf einer unter die Balken geſchraubten Schalung zuerſt hergeſtellt, indem zunächſt das Drahtnetz geſpannt wurde. Das linke Fach zeigt eine Torfgruſsfüllung unmittelbar auf der unteren Platte, rechts iſt eine gewöhnliche Einſchubdecke mit Füllung zwiſchen die Balken gebracht.

Die Befeſtigung der Drahteinlagen an den Balken erfolgt durch ſeitlich angenagelte Blechhafter. Die vorläufige Einſchalung der Decke ruht auf Latten, die mit

Fig. 102.

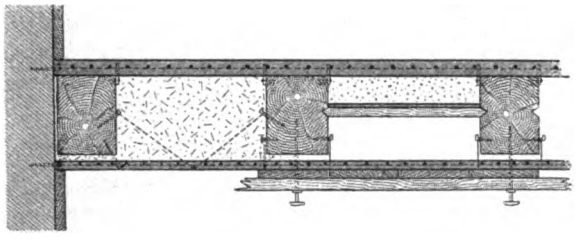
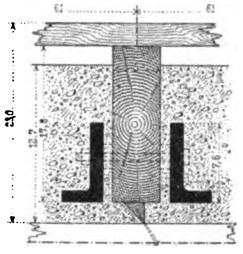


Fig. 103.



Handgriffſchrauben unter den Balken befeſtigt ſind; nach Fertigſtellung wird die Schalung durch Löſen der Schrauben beſeitigt; die kleinen Löcher der Schrauben werden beim Abreiben der Deckenfläche verſtrichen.

Auch hier iſt für die Balken ein ſehr hoher Grad von Feuerſchutz erreicht, namentlich wenn man die untere Platte, wie in Fig. 102, in einigem Abſtande von den Balken anbringt. Selbſt die an ſich feuergefährliche Torfgruſsfüllung erſcheint ſo genügend geſchützt.

48. Ausfüllungen nach *Furneſs*.

Aus Beton in gröſserer Stärke eingeſtampfte Ausfüllungen nach *Furneſs*[67]) in Philadelphia, ausgeführt in den Gebäuden der Pennſylvania-Univerſität, zeigt Fig. 103.

Gleichzeitig zur Verſtärkung der $5{,}_{20}$ m weit freitragenden Balken und um ein Auflager für den Beton zu ſchaffen, wurden beiderſeits ungleichſchenkelige Winkeleiſen mit 8 mm dicken Bolzen in 61 cm Teilung an die Balken gebolzt und damit der Beton in ähnlicher Weiſe unabhängig vom Schwinden des Holzes gemacht, wie es für Thonkaſtenfüllungen zu Fig. 82 nach *Bilgner* bereits in Art. 39, S. 54 beſchrieben iſt. Die Winkeleiſen ſind in der Mitte um $7{,}_{6}$ cm nach oben durchgebogen und werden durch 10 mm dicke, auf die Bolzen geſteckte Ringe ſo weit von den Balken ferngehalten, daſs noch eine Zementſchicht behufs vollſtändiger Einhüllung der Bohlenbalken zwiſchen beide eingebracht werden kann. Unten ſind Dreiecks-

[66]) Abgelaufene Patente (D. R.-P. 3789 und 14673). — Die Anordnungen wurden trotz in allen Teilen weſentlich gleicher Anordnung beide patentiert. Nach langem Streite ſcheinen die Inhaber einen Vergleich etwa dahin geſchloſſen zu haben, daſs *Rabitz* ſeine Platten wirklich erſt im Bau herſtellte, und zwar unter Verwendung richtiger Drahtnetze und gemiſchter Mörtelarten, während *Monier* die Tafeln vorher fertig ſtellte, einfache Drahtgewebe einlegte und reinen Zementmörtel verwendete. Thatſächlich haben beide Patente nebeneinander beſtanden und ſcheinen, wenn auch die Streitigkeiten mit dem Erlöſchen aufgehört haben, den Ausgangspunkt einer weniger auf das Weſen als auf nebenſächliche, äuſsere Merkmale von Baukonſtruktionen eingehenden Auffaſſungsweiſe des Patentamtes gebildet zu haben. Wenigſtens finden ſich fernerhin öfter nur äuſserlich, nicht weſentlich verſchiedene Baupatente, ſo daſs man ſich bei ihrer Beurteilung nicht mehr auf den Standpunkt der Erforſchung ihres Weſens ſtellen kann, ſondern gezwungen iſt, ſich Verſchiedenheiten aus oft unbedeutenden, rein äuſserlichen Veränderungen abzuleiten. Wir werden ſpäter auf dieſe Sachlage wieder hinweiſen.

[67]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXV (1890), S. 368.

Digitized by Google

leiſten unter die Balken genagelt, an denen eine Einſchalung bloſs zum Einſtampfen des Betons, wenn man dieſen unmittelbar abputzen will, ſonſt als Deckenſchalung befeſtigt wird. So wird eine faſt vollkommene Einhüllung der Balken auch von unten her möglich. Da nun nach den neueren Erfahrungen[68]) eine Feuersgefahr für die Decken überhaupt beinahe ausſchlieſslich von unten her vorliegt und ein hölzerner Fuſsboden von oben her ſelbſt bei ſtarker Feuersbrunſt nur wenig angegriffen wird, ſo iſt durch dieſe Anordnung in der That ein hohes Maſs von Feuerſicherheit erreicht.

Die von *Furnefs* im Univerſitätsgebäude zu Philadelphia ausgeführten Abmeſſungen ſind in Fig. 103 angegeben. Der Beton wurde aus 1 Teil Portlandzement, 3 Teilen Sand und 8 Teilen Steinſchlag gemiſcht. Die Decke, in der die Betonſtärke ſehr reichlich bemeſſen erſcheint, koſtete in der angegebenen Ausbildung 16,4 Mark für 1 qm Grundfläche bei den hohen amerikaniſchen Preiſen. Bei Belaſtungsverſuchen wurde mit einer Laſt von 735 kg auf 1 qm noch keine bleibende Wirkung an einem der Teile dieſer Decke erzielt.

49. Feuerbeſtändigkeit hölzerner Fuſsböden.

Ueber den Grad der Feuerbeſtändigkeit von hölzernen Fuſsböden bei geringer Zufuhr von Sauerſtoff hat das Stadtbauamt von New York Verſuche mit verſchiedenen Zuſammenſetzungen folgender Art angeſtellt[69]):

α) Tafel 1219 mm Quadratſeite aus zwei Lagen von 22 mm ſtarken, geſpundeten *Yellow-pine*-Dielen mit einer Lage Asbeſtfilz dazwiſchen;

β) ebenſolche Tafel, aber mit 1,5 mm Zwiſchenlage von *Merrill's* Patent-Salamanderzement[70]).

γ) Tafel aus 22 mm Tannenholz unten, 22 mm *Yellow-pine* oben und zwei Zwiſchenlagen von Salamanderzement, 3 mm dick;

δ) Tafel mit Holz wie γ, aber 6 mm Salamanderzement als Zwiſchenlage;

ε) Tafel aus 51 mm ſtarken, geſpundeten Tannendielen unten und 22 mm *Yellow-pine*-Dielen oben ohne Zwiſchenlage;

ζ) Tafel wie ε, aber mit 1,5 mm Zwiſchenlage von Salamanderzement.

Der Ofen wurde aus einem 2743 mm langen, 762 mm tiefen, oben 1524 mm, unten 914 mm breiten Eiſenblechtroge gebildet, der überall mit einer 228 mm dicken Lage von feuerfeſten Steinen ausgefetzt war und an beiden Enden die Vorrichtungen zur Feuerung mit zerſtäubten Oelrückſtänden unter 3,5 Atmoſphären Dampfdruck trug. Die zu prüfende Holztafel wurde mitten auf den Trog gelegt; die Enden wurden mit Wellblech abgedeckt und alle Fugen gut mit Sand gedichtet.

Die wichtigſten Ergebniſſe der Verſuche ſind in die nachfolgende Zuſammenſtellung eingetragen:

Probe Nr.	Zeit bis 816 Grad C. erreicht wurden	Höchſte Wärme	Erſcheinen des erſten Rauches nach	Auftreten gröſserer Riſſe in der Oberfläche nach	Erſcheinen der erſten Flammen nach	Ausgedehnter Brand nach
α	10	850	18	27	29	29
β	19	903	27	28	40	40
γ	22	918	35	35	56	56
δ	15	816	36 1/2	36 1/2	43 1/2	46 1/2
ε	15	816	63 1/2	—	67 1/2	—
ζ	15	816	62	—	95	100
	Minuten	Grad C.	Minuten			

Der Vergleich von α mit β zeigt, daſs ſich der Salamanderzement im ganzen als widerſtandsfähiger zeigte, als die Asbeſtlage. Der vergleichsweiſe geringe Erfolg der Probe δ mit ſtarker Zementeinlage erklärt ſich aus der Verwendung recht mangelhafter Dielen für die untere tannene Lage, in denen ſich Riſſe und Aſtlöcher befanden. Probe ε zeigt, daſs die ſtärkere untere Lage auch ohne Zwiſchenlage die Dauer weſentlich erhöht, und bei den Proben ε und ζ wurde gemeinſam beobachtet, daſs ſich die erſten Riſſe und Rauch an der oberen Lage immer mitten in den Dielen, d. h. über den Fugen der unteren Lage zeigten. Beim Aufnehmen der Tafel zeigte ſich ſtarkes Abbrennen der unteren Lage im ganzen, namentlich aber ein Klaffen und Ausbrennen aller Fugen um 25 mm bis 40 mm, woraus ſich die Beobachtungen an der

[68]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 3.

[69]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 255.

[70]) Erzeugt von der *American fireproofing Co.* in Boſton.

Digitized by Google

oberen Lage, die ſonſt faſt unverletzt und kaum gebräunt war, erklären. Hieraus iſt zu ſchlieſsen, daſs die Feuerbeſtändigkeit einer Doppeldielung erheblich geſteigert werden kann, wenn man die Fugen der dem Feuer unmittelbar ausgeſetzten Lage mit einer beſonderen Sicherung verſieht.

Die Konſtruktion empfiehlt ſich, wie die in Fig. 92 u. 102 dargeſtellte, an ſolchen Stellen zur Nachahmung, wo man trotz hölzerner Balken Feuerſicherheit

Fig. 104.

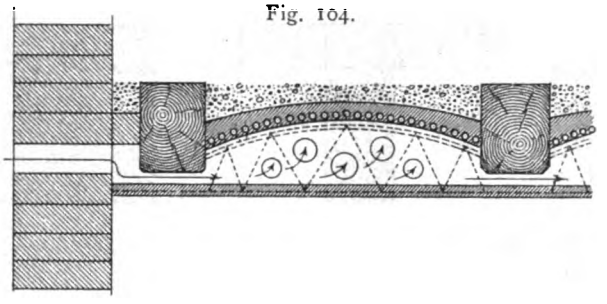


Fig. 105.

verlangt, und zwar iſt die Decke nach *Furneſs* (Fig. 103) leichter herzuſtellen, weil ſie keinen auſsergewöhnlichen Bauſtoff verlangt, wie die Decken in Fig. 92 u. 102.

50. *Weyhe's* Hanſadecke.

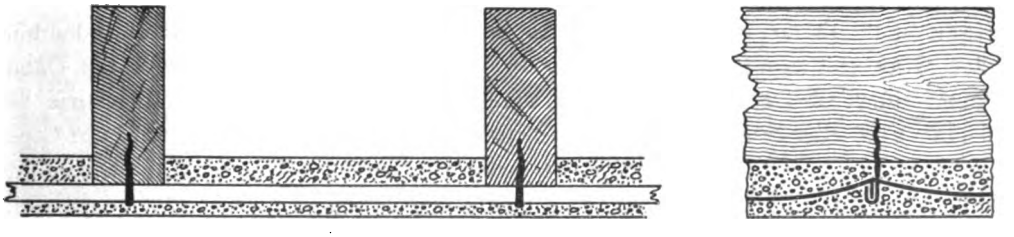
Weyhe in Bremen bringt ſeine ſpäter bei den Fachausfüllungen eiſerner Balken zu beſprechende »Hanſadecke« (Fig. 104 u. 105 [71]) auch zwiſchen Holzbalken, indem er die umgebogenen Enden der Rundeiſenbügel wagrecht an die Balken legt (Fig. 105) und ſie mit Klammern an denſelben befeſtigt. Fig. 104 zeigt zugleich, wie man die Hohlräume dieſer Decke lüften kann. Eine ſehr hohe Tragfähigkeit erzielt dieſe in ſich ſehr kräftige Fachausfüllung deshalb nicht, weil die Verbindung mit den Balken auſser dem unerheblichen Haften des Betons am Holze bloſs auf der Feſtigkeit der Haftklammern der Bügel beruht. Die Laſt wird alſo im weſentlichen von einem auf den Balken ruhenden Fuſsboden getragen werden müſſen.

Fig. 106.

51. Rippendecke von *Möbers & Co.*

Das Einfügen einer Betonrippendecke mit Bandeiſeneinlagen von *Möbers & Co.* in Düſſeldorf zwiſchen Holzbalken veranſchaulicht Fig. 106. Bezüglich der Einzelheiten wird auf die ſpätere Behandlung der gleichen Decke für Eiſenbalken verwieſen.

Fig. 107.



52. Framdecke von *Janſen.*

Einen Verſuch, die vergleichsweiſe teuren Eiſeneinlagen durch billigeren Stoff ſo zu erſetzen, daſs der friſche Mörtel gleich Halt findet und der Deckenputz genügend haftet, macht *Janſen* in Duisburg mit ſeiner »Framdecke« [72]), indem er

[71]) Siehe: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 147. — D. R.-P. 81656 u. 87638.

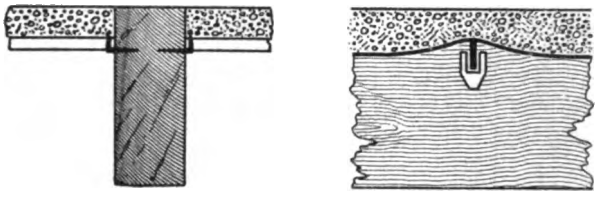
[72]) Siehe ebendaſ., S. 188.

Digitized by Google

Juteleinen als Einlage benutzt, die über 1 bis 2 mm dicke, 10 bis 30 mm hohe Bandeifen oder, bei Fachweiten von mehr als 1 m, über fchwache I-Eifen gefpannt wird. Wie die Verbindung mit den Holzbalken gedacht ift, zeigen Fig. 107 u. 108 für zwei einfache Fälle, für eine unten glatte und eine Decke mit vertieften Balkenfachen.

Die Bandeifen werden zuerft mit befonderen Hakennägeln an die Balken gefchlagen; darüber wird das Juteleinen ftraff ausgeftreckt; dann wird die obere Mörtelfchicht eingebracht, fo dafs die aus dem Durchhängen der Jute entftehenden Unebenheiten beim Einbringen der unteren Lage von felbft ausgeglichen werden. Das Juteleinen ift in 1 m Breite im Handel zu haben.

Fig. 108.



Die Decke hat offenbar erhebliche Mängel: ihre Tragfähigkeit beruht im wefentlichen auf der fchwachen Verbindung der Bandeifen mit den Balken, da die an fich kräftige und zähe Mörtelplatte keine Auflager auf den Balken erhält und das Schwinden der letzteren von erheblichem Einfluffe fein mufs.

Bei Holzbalken foll ein Mörtel aus 1 Teil Gips oder Zement mit 6 bis 10 Teilen Sand, Afche oder dergleichen verwendet werden.

53. *Lilienthal's* Terraftdecke.

Unter dem Namen »Terraft« führt die Terraftbaugefellfchaft in Berlin eine von *G. Lilienthal*[73]) angegebene Zementdecke aus, die fich gut zur Ausfüllung der Fache von Holzbalken eignet.

Auf die Holzbalken (Fig. 109 u. 110) wird zunächft ein fchwaches Drahtnetz je nach der Fachbreite mit 8 bis 12 cm Durchhang genagelt und mit einer Lage

Fig. 109.

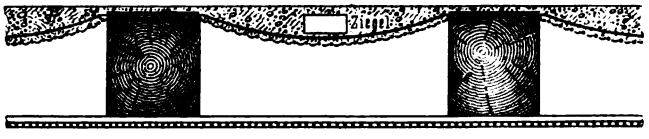


Fig. 110.

dünnen, zähen Papieres bedeckt, fo dafs nun eine dünne Lage von Beton eingebracht werden kann, welche das feuchte Papier in die Netzmafchen drückt, fo dafs die Netzdrähte unverfchieblich in Unterflächenfurchen des Betons eingelagert find. Nun wird ein zweites Drahtnetz mit etwas weniger Durchhang auf die Balken genagelt und, damit es fchlicht auf der Betonfchicht liegt, bei breiteren Fachen in der Mitte mit einer Reihe von Ziegeln belaftet. Weiter wird nun je ein Dachpappenftreifen als Decke über jeden Balken gelegt und fchliefslich das Ganze bis 3 cm über dem Pappftreifen mit Beton entfprechender Mifchung, auch wohl mit Gips, ausgeftampft. Einrüftung der Fache ift nicht erforderlich. Die Balken bleiben gut gelüftet. Bei einer Probebelaftung mit gleichförmig verteilter Laft in der mechanifch-technifchen Verfuchsanftalt zu Charlottenburg trug eine folche Decke von 83 cm Balkenmittenteilung und 70 cm Lichtabftand bei etwa 12 cm Durchhang des unteren Netzes 4350 kg für 1 qm bis zum Auftreten der erften Riffe, und 5600 kg für 1 qm, bis erhebliche Brüche über den Balken eintraten.

73) D. R.-P. 100194. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1900, S. 193.

Digitized by Google

Bei einer etwas veränderten Ausführungsweiſe wird das Papier ohne ſtützendes Drahtnetz unmittelbar auf den Balken befeſtigt; dann wird das erſte Drahtnetz über das Papier gebracht und angenagelt. Wird nun eine Lage Mörtel eingebracht, ſo drückt dieſe das Papier nach unten, ſo daſs ſchon das erſte Netz in den Mörtel gebettet wird. Nun folgt das zweite Netz, das Auflegen der Pappſtreifen und das Vollſtampfen. Auch dieſe Konſtruktion hat ſich bewährt; Reiſsen des Papieres iſt auch bei ihr nicht vorgekommen, und die Netzeinlagen werden beſſer ausgenutzt, ſo daſs die zweite auch wohl in Wegfall kommen kann.

6) Wandanſchluſs der Fachausfüllung.

54. Wandanſchluſs.

Bei allen Ausfüllungen der Balkenfache iſt ein dichter Anſchluſs an die Wände ſehr wichtig und bedarf beſonderer Aufmerkſamkeit. Iſt dieſer Wandanſchluſs nicht gut, ſo rieſelt die Füllung durch die an den Wänden beſonders leicht entſtehenden Riſſe des Deckenputzes, ſo daſs in den darunterliegenden Räumen ein fortwährender Sandregen an den Wänden entſteht. Auch für Schall und Wärme bilden dieſe Wandfugen günſtige Durchgangsöffnungen.

An denjenigen Wänden, in welche die Balkenköpfe eingelagert ſind, ergibt ſich die Abdichtung von ſelbſt, wenn man nur dafür ſorgt, daſs die Wandenden der Fachausfüllung feſt gegen die Wand gekeilt oder geſtampft werden und daſs z. B. die Fugen zwiſchen Thonplatten, fertigen Mörteltafeln und der Wand guten Verſtrich erhalten; hier iſt die Abdichtung gegen die Wand nicht ſchwieriger als in der Fachausfüllung ſelbſt.

Beſondere Vorſicht verlangen aber die Anſchlüſſe an diejenigen Wände, an denen Streichbalken (*9* u. *16* in Fig. 41, S. 35) oder Streichwechſel (*13* in Fig. 41) hinſtreichen. Legt man dieſe ſtumpf gegen die Wand, ſo bleibt ſtets wegen der Unebenheit beider Teile eine offene Fuge, welche gewöhnlich zu eng iſt, um ſicher geſchloſſen werden zu können, und welche ſich ſpäter infolge Eintrocknens des Balkens noch erweitert. Man lege daher hier nach Fig. 7 (S. 7) den an der Aufsenſeite ſchräg abgeſchnittenen Streichbalken etwa 4 cm von der Wand ab, ſchlage den Zwiſchenraum mit roh keilförmig behauenen Backſteinen oder Holzleiſten aus, welche auch nach dem Eintrocknen des Balkens infolge des anfänglichen Einkeilens feſt bleiben werden, verſtreiche ihre Fugen und bringe ſchlieſslich nach Bedarf noch Füllung auf. In ſolcher Weiſe kann auch an dieſen Seiten ein auf die Dauer völlig ſicherer Wandanſchluſs erzielt werden.

c) Decke im engeren Sinne.

55. Feuerſchutz.

Die Decke bildet den oberen Abſchluſs des unterliegenden Raumes; ſie kann aus den übrigen vorher beſprochenen Teilen, d. h. der Fachausfüllung und den Balken, beſtehen oder beſonders ausgebildet ſein, iſt überhaupt mehr ausſchmückender als notwendiger Bauteil, ſofern ſie nicht als Feuerſchutz der Balken von unten aufgefaſst und durchgebildet wird.

Bezüglich der Feuerſicherheit wurde bereits bei Beſprechung der Betonausfüllung der Fache zwiſchen Holzbalken nach *Furneſs* (ſiehe Art. 48 und Fig. 103, S. 61) erwähnt, daſs man hauptſächlich auf den Feuerſchutz für die ganze Deckenbildung von unten her Bedacht zu nehmen hat, und daſs nach den Verſuchen des Stadtbauamtes zu New-York (ſiehe Art. 49, S. 62) ſelbſt eine gewöhnliche Dielenlage

Digitized by Google

als oberer Abſchluſs der Decke ſchon ein erhebliches Maſs von Widerſtandsfähigkeit gegen Feuer beſitze. Dieſe Erſcheinung iſt dadurch zu erklären, daſs die Flamme und die heiſsen Gaſe ſchnell nach oben ſtrömen und ſämtlich gegen die Decke wirken, während ſie vom Fuſsboden abgezogen werden; ferner wird der in einem Raume vorhandene Sauerſtoff ſchnell verzehrt, und was durch Fenſter und Thüren, durch Undichtigkeiten der Wände und ſelbſt ſolche der unteren Decke neu von auſsen an Sauerſtoff hinzukommt, das wird von dem ſtarken Strome mit nach oben geriſſen und bildet ein Mittel neuer Verbrennung ganz überwiegend nur für die oberen begrenzenden Teile, ſo daſs der Fuſsboden vergleichsweiſe gut geſchützt erſcheint.

Aehnliches wurde in Art. 5 (S. 12) gelegentlich der Beſprechung der Stützung der Lagerhäuſer in Bremen ſelbſt für aufrecht ſtehende Holzſtiele angeführt.

Von einigem Einfluſſe iſt auch die Beſchaffenheit und Oberflächenbehandlung des Holzes. Es liegt auf der Hand, daſs eine ſplitterige und rauhe Holzfläche leichter anbrennen wird, als eine ſehr glatt an dichtem Holze hergeſtellte, da ſich die vorſpringenden kleinen Faſern und Splitter, allſeitig von heiſsen Gaſen umgeben, verhältnismäſsig ſchneller bis zum Flammpunkte erhitzen und ſo Anlaſs zum Beginne des Brennens bilden werden, als die Holzteile unter einer glatten geſchloſſenen Oberfläche, denen nur von einer Seite Wärme zugeführt wird.

Wirkſam wird ſich auch recht dichter Schluſs der Fugen erweiſen, da dieſe Anlaſs zum Zuſtrömen von Sauerſtoff von unten geben können und die Kanten wieder günſtige Angriffspunkte bilden. Doppelte Dielenlagen mit verſetzten Fugen werden daher erhöhte Wirkſamkeit beſitzen, die ſich noch ſteigert, wenn man ein feuerbeſtändiges Dichtungsmittel, z. B. Asbeſtfilz oder eine feuerbeſtändige Mörtellage, zwiſchen die Dielenlagen bringt, wie durch die Verſuche des Stadtbauamtes zu New-York (ſiehe Art. 49, S. 62) nachgewieſen iſt.

Eine beſondere Ausbildung der Decke fehlt jedoch nur in den untergeordnetſten Räumen, z. B. in Lagerräumen, wo auf den Balken bloſs ein Fuſsboden ruht (Fig. 15, S. 12 u. Fig. 25, S. 21), oder in landwirtſchaftlichen Bauten, wo z. B. der unten glatt abgeſtrichene geſtreckte Windelboden (Fig. 61, S. 46) auch die Decke bilden kann.

In den weitaus häufigſten Fällen erhält die Decke eine beſondere Ausbildung, und zwar im weſentlichen nach den im nachfolgenden beſchriebenen Anordnungen. Weitere Einzelheiten über Deckenausbildung, insbeſondere über die mehr dekorative Behandlung der Deckenflächen, bringt Teil III, Band 3, Heft 3 dieſes »Handbuches«; auch wird ſpäter ausführlich auf die ſelbſtändige Deckenbildung unter Eiſenbalken einzugehen ſein.

56. Verſchalte und geputzte Decken.

1) Am häufigſten kommt bei den älteren Konſtruktionen die verſchalte und geputzte Decke (Fig. 44, 58, 61 bis 63, 70, 74, 94, 109 u. 110) zur Anwendung. Bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, A, Kap. 6, unter b, 3 und Kap. 7, unter c) dieſes »Handbuches« wurde über die Bekleidung von Holzwerk mit Putz Mehrfaches mitgeteilt. Unter Hinweis auf die eben angezogenen zwei Stellen iſt hier das Folgende zu ſagen. Unter die Balken wird eine 1,5 bis 2,0 cm ſtarke, ſtumpf geſtoſsene Schalung aus ungehobelten, häufig ſogar alten Brettern genagelt. Damit das Werfen und Reiſsen der Bretter dem Putz nicht ſchädlich werde, dürfen die Schalbretter nur ſchmal ſein oder müſſen vielfach geſpalten werden. Auf dieſe Schalung ſtreckt man winkelrecht zur Faſerrichtung der Schalbretter rund 8 mm ſtarke Putzrohrſtengel (Fig. 44, 58, 61, 62, 70, 74, 94, 109 u. 110) in etwa 2,5 cm Abſtand und befeſtigt

Digitized by Google

dieſe durch geglühte Eiſendrähte, welche in 10 bis 12 cm Abſtand voneinander geſpannt und je hinter dem dritten Rohrſtengel mit breitköpfigen, geſchmiedeten Rohrnägeln an die Schalung genagelt werden. Da dieſe Nagelung an verſchiedenen Drähten in verſchiedenen Rohrzwiſchenräumen erfolgt, ſo hängt ſchließlich jeder Stengel unbeweglich in den Drahtſchlingen. Wegen der faſt vollkommenen Raumbeſtändigkeit gut getrockneten Rohres iſt dieſes Mittel zur Befeſtigung des Putzes auf Holz beſonders geſchätzt.

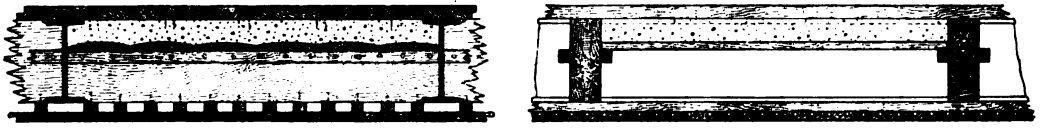
In Gegenden, wo Rohr nicht zu haben iſt, treten an ſeine Stelle häufig ſog. Wurf- oder Plieſterlatten (Fig. 63), d. h. trapezförmige, etwa 12 bis 15 mm dicke und in der Mitte 20 bis 25 mm breite Tannenlatten, welche gleichfalls quer zur Faſerrichtung der Schalbretter unter dieſe genagelt werden [74]); ſtatt ſo geſtalteter Latten verwendet man auch ſolche mit Längseinſchnitten und -Nuten [75]). Derartige Latten ſind minder gut als Rohr, weil ſie beim Putzen feucht werden, ſich ſpäter zuſammenziehen und ſo die Haftfeſtigkeit des Putzes beeinträchtigen.

57. Andere Befeſtigungsmittel für Deckenputz.

Beſſer, aber teurer und daher noch ſeltener ſind Putzknöpfe, 12 bis 15 mm dicke abgeſtumpfte Kegel von etwa 3 cm mittlerem Durchmeſſer, mitten durchbohrt, aus gebranntem Thone, welche im Quincunxmuſter mit je einem Nagel, die kleinere Grundfläche nach oben, unter die Schalung genagelt werden.

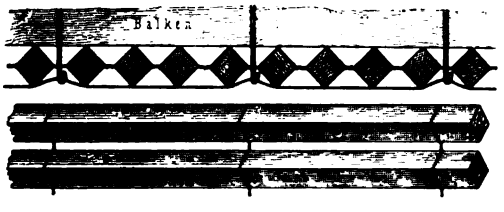
Alle drei Mittel dienen dazu, den nun einzubringenden glatten, gefilzten und geſchlemmten Deckenputz aus Weiſskalk, Gips oder einem Gemenge beider, auch wohl mit Zementzuſatz, der aber für Deckenmalerei gefährlich iſt, zu mechaniſchem

Fig. 111.



Anhaften an der Holzfläche der Schalung zu zwingen. Da die loſen, unter der Schalung liegenden, raumbeſtändigen Putzſtengel die Bewegungen der Schalbretter nicht mitmachen, was bei den Putzknöpfen und bezüglich der Nagelung auch bei den Plieſterplatten der Fall iſt, ſo ergeben ſie die beſte Befeſtigung des Putzes.

Fig. 112.



Ein Beiſpiel der Herſtellung einer geputzten Decke auf Lattung ſtatt auf voller Schalung zeigt Fig. 111, wobei weſentliche Abweichungen von dem vorſtehend Geſagten nicht vorkommen.

Von einer Reihe von Fabriken werden auch patentierte Gewebe aus Draht und Rohrſtengeln oder Holzleiſten geliefert (Fig. 112 [76]), welche unter der Schalung, die dann auch durch eine weite Lattung erſetzt werden kann, ausgerollt und genagelt werden und ihre beſonders ſchnelle und bequeme

[74]) Siehe: Kortüm. Vom ganzen Windelboden. Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 544.

[75]) Vergl. Fig. 405, S. 245 (2. Aufl.: Fig. 357, S. 218) in Teil III, Band 2, Heft 1 dieſes »Handbuches«.

[76]) Z. B. von *Stanſs & Ruff* in Cottbus; *Ernſt Loth & Co.* in Halberſtadt (D. R.-P. Nr. 10891 u. 22033). — Fig. 112 zeigt das Gewebe von *Schubert* in Görlitz.

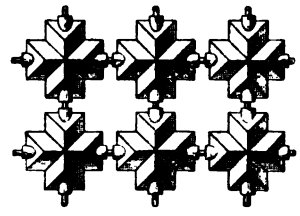
Digitized by Google

Vorbereitung für die Putzherſtellung ermöglichen; ſie liefern dasſelbe Ergebnis, wie die mühſamere Berohrung[77]).

Vor der Decke nach unten vorſpringende Unterzüge werden entweder gleichfalls mit Rohrabſchnitten winkelrecht zur Faſerrichtung gerohrt und geputzt oder glatt gehobelt, profiliert und bemalt.

An neueren Mitteln zum Anheften einer Putzdecke, welche eingehender bei den Eiſenbalken beſprochen werden, ſind hier zunächſt die Drahtziegelgewebe von *Staufs & Ruff* in Cottbus (Fig. 113) anzuführen; ferner Drahtnetze und Drahtgeflechte, von denen Fig. 114, 115 u. 116 einige Beiſpiele zeigen; endlich *Fiſcher*'s Patentbautafeln (Fig. 117[78]), welche aus Aſphaltpappe oder Aſphaltfilz mit ſchwalbenſchwanzförmigen Nuten gepreſst, ſelbſt leicht unter die Balken genagelt werden können und bei guter Raumbeſtändigkeit ein kräftiges und dauerhaftes Einbinden des Putzmörtels ergeben; auch gegen Feuchtigkeit, alſo z. B. das Eindringen von Dämpfen in die Decken ſollen dieſe Bautafeln guten Schutz geben.

Fig. 113.



Einige Weiſen der Anbringung von Drahtgeflechten und -Geweben unter Holzbalken zeigen die Decke von *Weyhe* (Fig. 104 u. 105) und die Rippendecke von *Möbers* (Fig. 106).

Soll eine Deckenfläche geputzt werden, welche an ſich geeignet erſcheint, den Putz unmittelbar aufzunehmen, wie z. B. eine unten aufgerauhte Decke aus Gipsdielen oder Spreutafeln (Fig. 95 u. 96), Beton, Gips, Thonkaſten, oder Backſtein (Fig. 77, 79 bis 81, 100, 101), oder eine Mörtelfläche (Fig. 103, 107, 108), liegen in der Deckenfläche aber die Unterflächen von hölzernen Balken oder Eiſenflächen (Fig. 101) zu Tage, ſo muſs man den unter den Balkenflächen anzubringenden Putz zunächſt — etwa mittels eines Streifens Dachpappe — vom Balken abſondern, damit ſeine Bewegungen unter der Wirkung von Veränderungen des Feuchtigkeitsgehaltes oder der Wärme den Putz nicht zerſtören. Aufserdem muſs ein Haftmittel unter den Balken, wie unter der Deckenſchalung angebracht werden, das bei Holzbalken aus quer gelegten kurzen Abſchnitten von Putzrohr oder Plieſterlatten, aus Thonknöpfen oder einem ſchmalen Streifen der oben erwähnten Putzgewebe beſteht, bei eiſernen Balken in der Regel aus einem an den benachbarten Deckenteilen zu befeſtigenden Streifen Drahtgewebe. Trotz dieſer Vorkehrungen machen ſich aber die Balkenunterflächen in ebenen Putzflächen in der Regel durch Riſſe im Putze kenntlich. Man thut daher gut, das unmittelbare An-

Fig. 114.

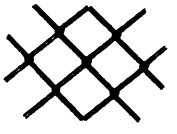


Fig. 115.

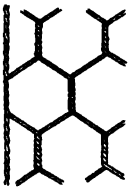


Fig. 116.

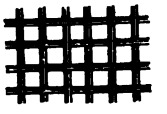


Fig. 117.

[77]) Siehe über ſolche Gewebe und Geflechte auch Teil III, Band 2, Heft 1 (Art. 203, S. 245 u. 246; 2. Aufl.: Art. 200, S. 218) dieſes »Handbuches«.

[78]) Siehe: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 132. — Oeſterr. Monatſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 454. — Geliefert werden dieſe Bautafeln von *A. W. Andernach* in Beuel a. Rh.

Digitized by Google

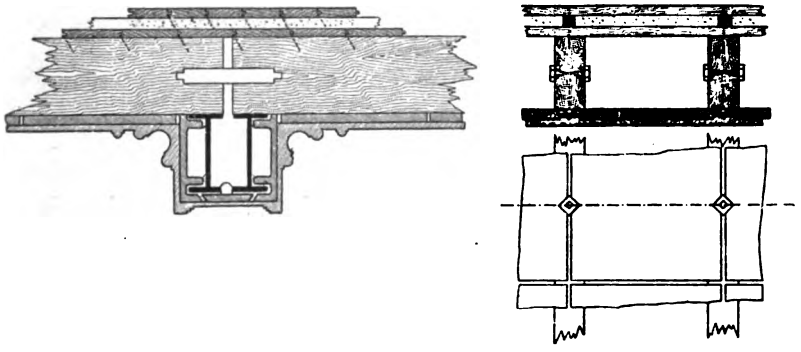
bringen von Putz unter den Balken zu vermeiden, wozu verſchiedene Mittel in Kap. 6 angegeben werden. Iſt ein derartiges Anbringen nicht zu umgehen, ſo richte man die Deckenbemalung ſo ein, daſs darin die bei guter Ausführung jedenfalls nur feinen Riſſe verſchwinden.

Das Putzen geſtattet Ausſchmückung durch Malerei und Stuck und gewährt auch einen geringen Schutz der Balken gegen den erſten Feuerangriff; einer irgend wie erheblichen Feuersbrunſt widerſteht jedoch eine auf Holzſchalung geputzte Decke nicht.

58. Putzdecke mit vertieften Feldern.

2) Eine Abart dieſer Decke bildet die Decke mit vertieften geputzten Balkenfeldern (Fig. 70, S. 49), bei welcher etwaige Deckenſchalung als Einſchub in Nuten ausgebildet, der Grund der entſtehenden vertieften Felder geputzt, die Balkenunterſeite aber gehobelt und profiliert wird; bei anderweitigen, vertieft liegenden Fachausfüllungen, welche zur unmittelbaren Aufnahme des Putzes geeignet ſind (Fig. 86, 100, 108), kann man entweder bloſs den Grund der Balkenfelder putzen, oder man hüllt die Balken mit einem der angeführten Putzhaftmittel ein und ſtellt die Profilierung in Putzmörtel her (Fig. 86, 100), ſo den Balken etwas gegen Feuer deckend. An den Wänden und etwaigen Unterzügen kehrt die Balkenprofilierung mittels eingeſetzter Balkenwechſel wieder — ein Mittel, das auch zur Teilung allzu langer Balkenfache in kürzere Felder angewendet werden kann.

Fig. 118.



59. Putz auf Thontafeln.

3) Putz auf gebrannten Thontafeln (Fig. 92 [S. 57] u. 118) wird in Amerika zur Erzielung von Feuerſicherheit verwendet. Die Balkenlagen beſtehen aus eng gelegten Bohlenbalken, unter welche mittels eiſerner Unterlegplättchen unten rauhe Tafeln aus gebranntem Thone mit (Fig. 92) oder ohne (Fig. 118) Zwiſchenraum genagelt werden. Die Unterlegplättchen verſchwinden in Vertiefungen, welche in den Mitten der unter den Balken liegenden Seiten der Thonplatten angebracht ſind. Auf dieſem Thonbelage wird der Deckenputz mit oder ohne Profilierungen, wie auf Mauerwerk hergeſtellt [79]).

Von den beiden Anordnungen in Fig. 92 (S. 57) u. 118 ſtellt die letztere die Bauart *White*, die erſtere die *Pioneer*-Bauweiſe dar, welche den beſſeren Schutz gegen Feuersgefahr bietet, weil die Deckenplatte nicht unmittelbar unter dem Balken liegt, alſo die Hitze beſſer fernhält. Dieſer Abſtand wird durch Einſetzen der Befeſtigungsnägel oder -Schrauben in kleine Eiſenröhrchen geſichert. Bei der Anordnung in Fig. 92 ſind auſserdem die eiſernen Befeſtigungsteile nicht bloſs durch den Putz, ſondern noch durch einen Luftraum über dem Putze vor der Hitze geſchützt.

Ein Bedenken gegen beide Anordnungen liegt in der Befeſtigung einer ziemlich ſchweren Tafel mit nur wenigen Nägeln oder Schrauben von unten unter den Balken.

[79]) Siehe: Deutſche Bauz. 1884, S. 225. — Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 436, 450. — *American engineer* 1887, S. 230.

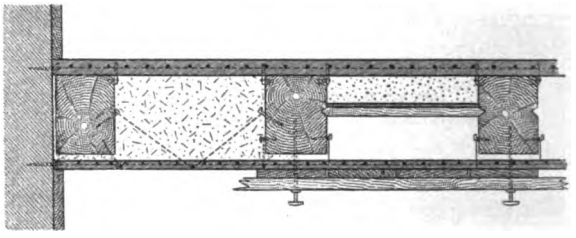
Digitized by Google

Wird die Befeſtigung hinreichend dauerhaft ausgeführt, ſo entſteht nach der in Fig. 92 dargeſtellten Konſtruktion eine faſt vollkommen feuerſichere Decke, da die Balken unten durch die Thonplatten mit Putz, oben durch die porige Terrakotta für das Feuer unzugänglich gemacht ſind. (Vergl. Art. 40, S. 57.)

4) Vielfach werden feuerſichere Putzdecken ohne Holzſchalung nach den bereits genannten Bauweiſen von *Rabitz*[80]) und *Monier*[81]) und in der Anordnung von *Mack*[82]) ausgeführt.

Rabitz und *Monier* ſpannen in einiger Entfernung unter den Balken Drahtnetze (Fig. 114 u. 115) aus, welche mit Haken in der Wand und unter den Balken, ſowie in jedem Balkenfache noch durch einen 10 mm ſtarken, in 50 cm Abſtand nach den beiden Nachbarbalken aufgehängten Draht gehalten ſind (Fig. 119, linkes Fach). Die etwa 1 m breiten Bahnen des Drahtgewebes werden quer unter den Balken ſtraff angezogen und zuſammengenäht. Auf einzelne unter die Balken geſchraubte Lagerbretter wird nun eine Bretterlage von etwa 15 mm Dicke unter das Drahtnetz gelegt (Fig. 119 rechts) und der Patentputz, vorwiegend aus Zement beſtehend, 2,0 bis 3,0 cm ſtark eingeſtampft. Nach kurzer Zeit iſt die Maſſe tragfähig genug, um das Abnehmen der Rüſtung zu geſtatten, worauf die Unterſeite glatt gerieben wird. Die Tragfähigkeit dieſes Putzes wird ſo groſs, daſs eine leichte, die Balkenfache füllende Bettung ohne weiteres darauf gebracht werden kann. *Rabitz* ſchlägt zu dieſem Zwecke Torfgruſs vor (ſiehe Art. 47, S. 61 u. Fig. 119 links); indes iſt jede andere Fachausfüllung auch verwendbar (Fig. 119 rechts, Einſchubdecke). Der Luftraum zwiſchen Putz und Balken ſchützt im Vereine mit der erheblichen Widerſtandsfähigkeit des Mörtels gegen Feuer die verdeckten Holzteile gut, wie wiederholt bei Feuersbrünſten und durch Verſuche nachgewieſen iſt[83]).

Fig. 119.



Zwiſchen den umſchloſſenen Drähten und dem Putzmörtel bildet ſich eine ſehr innige, wie von manchen Seiten behauptet wird, nicht bloſs mechaniſche, ſondern auch chemiſche Verbindung, und da das Wärmeausdehnungsverhältnis des Drahtes von demjenigen des Zementes nur unerheblich abweicht, ſo wirken beide Stoffe gut zuſammen, und es entſteht eine Widerſtandsfähigkeit, welche weit höher iſt, als diejenige der gleich dicken Zementplatte.

Die Lage des Drahtes in der Mörtelplatte ergiebt ſich aus dem Umſtande, daſs der Draht vorwiegend Zugbeanſpruchung, der Zement Druckbeanſpruchung zu widerſtehen vermag; man ſoll daher den Draht ſo nahe an die gezogene Aufsenfläche der auf Biegung beanſpruchten Platte legen, wie dies mit Rückſicht auf die vollkommene Einhüllung und den Schutz des Drahtes vor Feuer zuläſſig erſcheint, d. h. etwa zwiſchen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{3}$ der Dicke der Platte von der gezogenen Seite aus gemeſſen. Der Deckenputz hat jedoch, wenn überhaupt, ſo geringe Laſten zu

80) Siehe hierüber Teil III, Band 2, Heft 1 (Art. 271, S. 334; 2. Aufl.: Art. 269, S. 309) dieſes »Handbuches«. — Vergl. auch Fuſsnote 66, S. 61.

81) Siehe ebendaſ., Art. 264 u. 265, S. 329—331.

82) Siehe: Wochbl. f. Baukde. 1887, S. 280. — Deutſches Baugwksbl. 1889, S. 85.

83) Z. B. beim Brande in der Marine-Ausſtellung zu Köln im Sommer 1890.

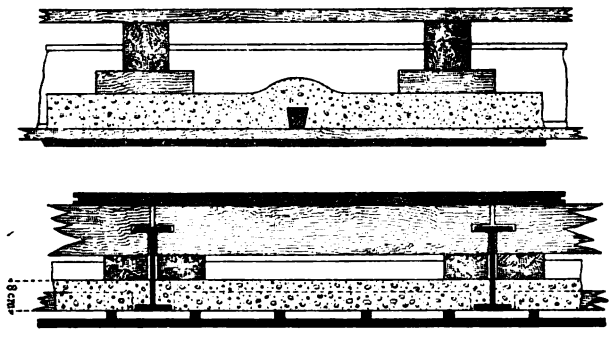
Digitized by Google

tragen, dafs man hier den Draht oder das an ſich weniger tragfähige Drahtnetz unbedenklich in die Mitte der Plattendicke legen kann.

60. *Monier*-Decken.

5) Der Putz nach *Monier* unterſcheidet ſich von dem nach *Rabitz* weſentlich nur dadurch, dafs die Platten mit rechtwinkelig überkreuzter und gebundener Drahteinlage (Fig. 116) nicht im Gebäude, ſondern geſondert hergeſtellt und fertig eingebracht werden. Somit iſt der Putz nach *Monier* nicht fugenlos, und die Befeſtigung unter den Balken wird eine andere wie bei *Rabitz*, etwa die in Fig. 92 u. 118 dargeſtellte ſein müſſen. Wie bei dieſen Anordnungen dienen dünne *Monier*-Platten auch häufig nur als Träger des eigentlichen Putzes, welcher auf ihrer Unterſeite angebracht wird; das Anbringen von *Rabitz*- und *Monier*-Putz unter einer Gipsfüllung auf Latten iſt in einer auch bei Holzbalken verwendbaren Anordnung in Fig. 120 für Eiſenbalken dargeſtellt. Der Preis dieſer Putzarten beträgt für 1 qm je nach Stärke und örtlichen Verhältniſſen 1,0 bis 1,5 cm dick 2,5 bis 3,0 Mark, 5 cm dick bis 6 Mark fertig verlegt.

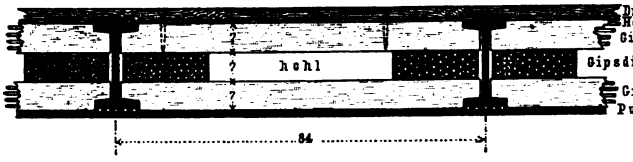
Fig. 120.



61. Decken mit Gipsdielen.

6) Nach *Mack*[84]) (ſiehe Art. 42 [S. 58] im vorliegenden Hefte dieſes »Handbuches«) werden die Gipsdielen unter die Balken geſchraubt, wobei auch die in Fig. 92 u. 118 angegebenen Verfahren zur Erzielung eines Luftraumes zwiſchen Putz und Balken verwendbar ſind.

Fig. 121.



Die etwa 3 cm dicken Platten können bei gutem Verſtriche der Fugen und Schrauben ſelbſt die Deckenfläche bilden, oder ſie können noch mit einer dünnen Putzſchicht überzogen werden. Eine ſolche auch für Holzbalken ausführbare Decke iſt in Fig. 121 für Eiſenbalken veranſchaulicht.

62. Decken mit Spreutafeln.

7) Auch die Spreutafeln von *Katz* (vergl. Art. 43 [S. 58] im vorliegenden Hefte) geſtatten, nach Fig. 95 auf Drahtnetz mit der rauhen Seite nach unten verlegt, das unmittelbare Anbringen von Deckenputz, deſſen Anhaften durch das Drahtnetz noch verbeſſert wird.

Sowohl bei Gipsdielen, als auch bei Spreutafeln ſind die etwa ſichtbar bleibenden Balkenunterflächen vor dem Aufbringen des Putzes in der in Art. 43 (S. 58) beſprochenen Weiſe vorzubereiten (Fig. 95 u. 121).

Durch den Putz wird ein Schutz der Gipsdielen und Spreutafeln vor Feuer von unten wohl geſchaffen; immerhin wird bei ſtarkem Feuer das Zerfallen auch über dem durchhitzten Putze noch eintreten; daher können die beiden letzten

84) Siehe: Deutſche Bauz. 1899, S. 2.

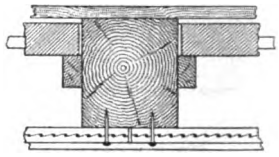
Digitized by Google

Deckenkonſtruktionen nicht den gleichen Sicherheitsgrad gewähren wie eine *Rabitz*- oder *Monier*-Decke. Auch die Tragfähigkeit beider iſt erheblich geringer als die des ſehr widerſtandsfähigen Gefüges aus Draht und Mörtel. Nur die *Katz*'ſche Anordnung nach Fig. 95 (S. 59) gibt ein dem *Rabitz*'ſchen ähnliches Gefüge der Decke, mit der Verſchlechterung jedoch, daſs die Drähte ganz in die Oberkante des Putzes fallen und nur mangelhaft umhüllt werden.

63. Decken mit Zementbrettern.

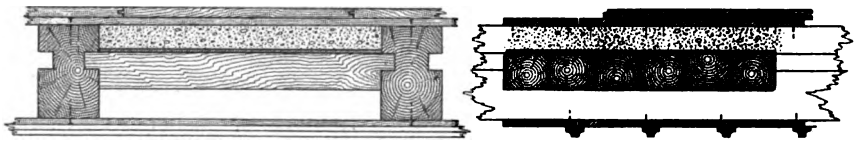
8) Zementbretter nach *Stolte* oder *Wygaſch*, d. h. dünne Tafeln aus Zementmörtel mit oder ohne Eiſeneinlage, deren Mörtel noch faſerige Stoffe zugeſetzt werden, um ſie für Nagelung und Schraubung geeigneter zu machen, geben beiſpielsweiſe nach Fig. 122, ebenſo nach Fig. 98 u. 99, eine Deckenfläche zum Putzen, wenn man ſie ſchlicht unter die Balken nagelt oder ſchraubt; bei einiger Rauhigkeit der Unterfläche haftet der Putz ohne weiteres. Man kann ſie jedoch bei glatter Unterfläche auch dicht aneinander ſtoſsen, die Fugen mit gleichem Mörtel verſtreichen und das Ganze abreiben, um ſie unmittelbar die Decke bilden zu laſſen.

Fig. 122.



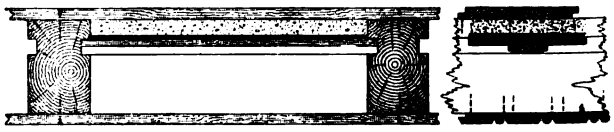
Die getäfelte Decke entſteht, wenn man eine gehobelte Schalung ohne Putz unter die Balken bringt (Fig. 123 u. 124). Sie bedarf der Verzierung, erhält

Fig. 123.



daher an der Falzung angeſtoſsene Profile (Fig. 123), oder es werden profilierte Leiſten über die Fugen genagelt (Fig. 124). Man kann die Schalung auch als Stülpdecke aus zwei Lagen von Brettern herſtellen, welche profiliert und geſpundet ſind, wie in Fig. 125, oder übereinander greifen (Fig. 126).

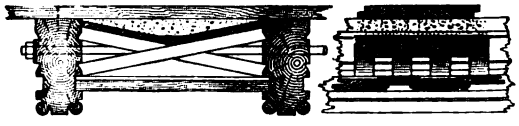
Fig. 124.



64. Getäfelte Decken.

Die Täfelung kann in weniger einförmiger Weiſe auch durch geometriſche Figuren aus untergenagelten Profilleiſten geſchmückt werden, wobei jedoch die Bretterfugen die Felder der Figuren in unangenehmer Weiſe durchſchneiden. Es iſt daher beſſer, die ſeitlich genuteten Leiſten unmittelbar unter die Balken und, ſoweit nötig, unter die Balkenwechſel zu nageln und dann geleimte Brettertafeln ſo in die Nuten einzulegen (Fig. 127), daſs ſie ſich frei zuſammenziehen und ausdehnen können; man erzielt in ſolcher Weiſe gut zu bemalende Feldflächen ohne Fugen.

Fig. 125.



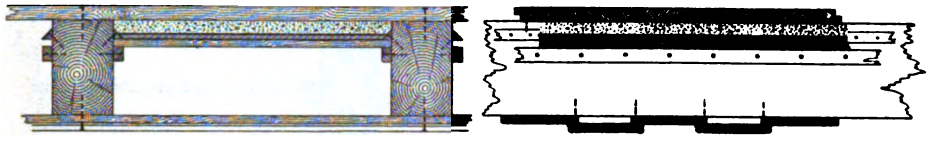
65. Kaſſettendecken.

9) Die Kaſſettendecke (Fig. 128) teilt zunächſt die Deckenfläche durch zwiſchen die Balken geſetzte Wechſel in regelmäſsige, meiſt rechteckige Felder ein, um welche die Profilierung der Balken und Wechſel als Rahmen herumläuft. An die Seitenflächen der Balken und Wechſel werden ringsum laufende Profilleiſten ge-

Digitized by Google

ſchraubt, auf welche dann die Bodenfüllungen der entſtandenen Kaſſetten meiſt in geſtemmter Arbeit, ſonſt als glatte geleimte Tafeln loſe aufgelagert werden. Die Füllungen können ſchlieſslich durch Malerei, durch geſchnitzte oder durch aus Gips-

Fig. 126.



oder Zinkguſs hergeſtellte Ornamente ausgeſchmückt werden. Reiſsen der Bretter iſt durch die bewegliche Lagerung verhütet.

Auch mittels Stuck kann man die Ausſchmückung der von den Balken und Wechſeln gebildeten Kaſſetten erreichen (Fig. 129), wobei aber Balken und Wechſel wie die Füllungen berohrt werden müſſen, wenn man vollſtändig geputzte Flächen haben will und die Bodenflächen der Kaſſetten nicht ſchon aus putzbaren Körpern beſtehen, wie in Fig. 129 aus *Stolte*'s Zementdielen. Eine Kaſſettendecke, bei der die Rahmen von den Balken und Wechſelprofilen nebſt angeſchraubten Profilleiſten und der Boden durch glatten Putz gebildet werden, zeigt Fig. 130. Dieſe Deckenausbildung iſt von allen die reichſte.

Fig. 127.

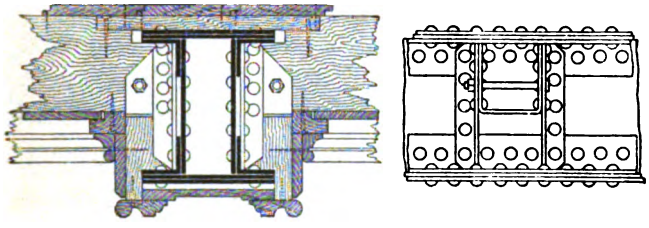
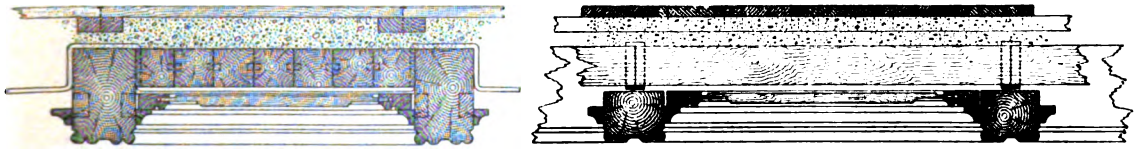
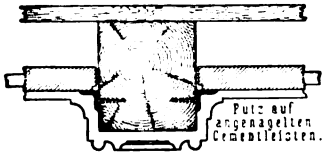


Fig. 128.



10) Die Einſchubdecke legt die Täfelung zwiſchen die Balken auf Leiſten (Fig. 131) oder in Nuten (Fig. 125), ſo daſs die zu hobelnden und zu profilierenden Balken vor der Täfelung vortreten und lange Balkenfelder bilden, deren Böden von gehobelten Brettern mit profilierten Fugen oder Fugenleiſten gebildet werden. Auch hier kann man ſtatt der einfachen Einſchubdecke eine Stülpdecke aus doppelter Bretterlage mit geſpundeten und profilierten Fugen (Fig. 125) oder einfacher Ueberdeckung (Fig. 126) verwenden. 66. Einſchubdecken.

Fig. 129



11) Fayencedecken[85]), Decken aus glaſierten Thonflieſen, kommen in Frankreich und Belgien vor; Beiſpiele ſind in Fig. 89 u. 91 (S. 56 u. 57) dargeſtellt. Die Flieſen können auſser der Glaſur auch Blätter- oder ſonſtigen Formen- 67. Decken aus glaſierten Thonflieſen und Glastafeln.

85) Siehe: Polyt. Journ , Bd. 262, S. 284. — Sprechſaal 1886, S. 721. — *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2118.

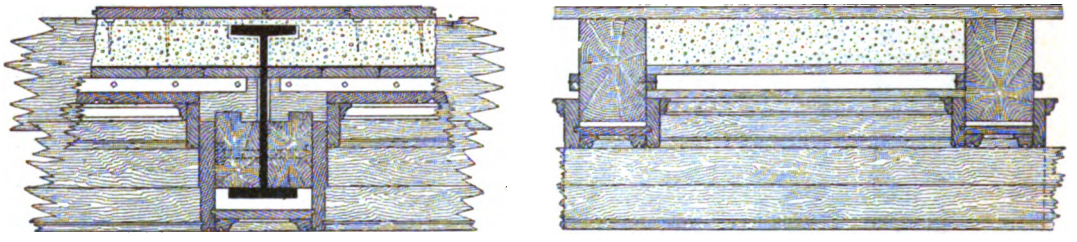
Digitized by Google

ſchmuck tragen. In der durch Fig. 91 dargeſtellten Konſtruktion nach Art einer Einſchubdecke müſſen die Balkenfache mit einer Plattenbreite gedeckt werden, werden alſo ſchmal; in Fig. 89 iſt die gröſsere Weite durch eine Art von Plattenwölbung erreicht, welche durch Anbringen entſprechender Kämpfervorſprünge oder -Leiſten an Holzbalken auch bei dieſen verwendbar iſt.

Fig. 130.

Um auch unter hölzernen Balken ebene Fayencedecken anbringen zu können, ſo daſs die Balken nicht, wie in Fig. 91, vortreten, befeſtigt *E. Müller* in Jory unter den Balken zunächſt einen Roſt aus Guſs- oder Schmiedeeiſen, in deſſen Maſchen die bunten verzierten Platten eingelegt werden. Die zwiſchen den Platten vortretenden Stege des Roſtes werden den Platten entſprechend verziert und etwa mit Bronzefarbe

Fig. 131.



behandelt. Aehnliche Unterdeckungen der Balken ſieht auch *Bilgner* bei ſeiner das Schwinden der Balken unſchädlich machenden Decke vor (Fig. 82, S. 54).

Derartige Decken beſitzen, mit Luftraum unter die Balken gelegt, einen ziemlich hohen Grad von Feuerſicherheit, eignen ſich aber für Wohnräume nur bei ganz beſtimmten Ausſtattungsarten. Sehr geeignet erſcheinen ſie für ſolche Räume, in denen auch die Wände ganz oder zum Teile mit glaſierten Flieſen (*Tiles*) belegt ſind, wie dies z. B. in Warteſälen, Erfriſchungsräumen, Wirtſchaften und Vergnügungsanlagen gebräuchlich iſt.

Schlieſslich ſei noch erwähnt, daſs man ausgedehnte, untergeſchraubte Spiegelglastafeln als unteren Deckenabſchluſs verwendet, wenn man reiche Deckengemälde vor Schmutz, Rauch und Feuchtigkeit ſchützen will. Bei der ſtetig zunehmenden Verunreinigung der Luft in den groſsen Städten findet dieſes Mittel ſchnelle Verbreitung.

3. Kapitel.

Balkendecken in Holz und Eiſen.

68. Ueberſicht.

Hier ſind ſolche Decken zu beſprechen, in deren tragenden Teilen ſich Holz und Eiſen zur Laſtaufnahme vereinigen. Sie ſind gegenüber den übrigen Deckenarten ſelten, da Dauer und Feſtigkeit der beiden Bauſtoffe zu ſehr verſchieden ſind, um in der Vereinigung zu wirklich zweckmäſsigen Konſtruktionen zu führen.

Die ſcharfe Trennung der drei, bezw. vier Beſtandteile der Decke iſt hier nicht in gleicher Weiſe, wie im vorhergehenden Kapitel durchzuführen; daher

Digitized by Google

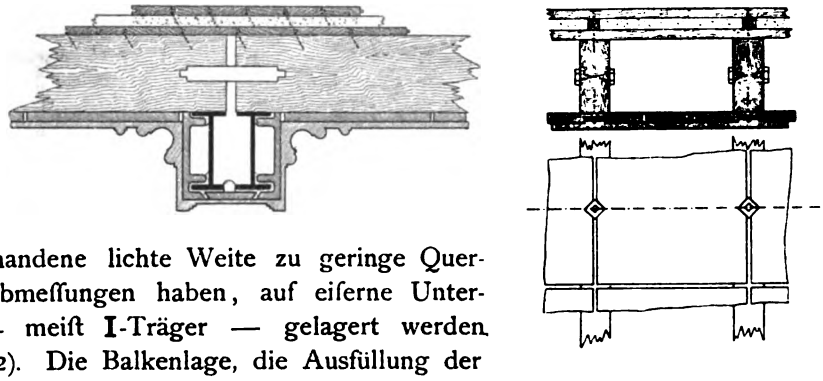
ſollen Beiſpiele von Geſamtanordnungen in allen ihren Teilen gleichzeitig vorgeführt werden.

Die bei weitem meiſten hierher gehörenden Konſtruktionen verwenden das Holz zur unmittelbaren Unterſtützung des Fuſsbodens, während die eigentlichen Deckenträger aus Eiſen gebildet werden.

69. Gewöhnliche Anordnung.

Die am häufigſten, insbeſondere in Deutſchland, vorkommende Anordnung iſt die in Art. 4 (S. 8) bereits berührte, bei welcher die hölzernen Balken, welche für

Fig. 132.



die vorhandene lichte Weite zu geringe Querſchnittsabmeſſungen haben, auf eiſerne Unterzüge — meiſt I-Träger — gelagert werden (Fig. 132). Die Balkenlage, die Ausfüllung der Balkenfache, die Lagerung des Fuſsbodens und die Deckenunterfläche werden in einer der im vorhergehenden Kapitel vorgeführten Weiſen ausgebildet; der eiſerne Unterzug ſpringt in ganzer Höhe vor der Deckenunterfläche vor.

Fig. 133.

Wenn man in gewöhnlicher Weiſe die Bretterſchalung, die Berohrung und den Putz an den Unterflächen der Holzbalken anbringt und wenn dieſe Balken unmittelbar auf den I-Trägern aufruhen, ſo entſteht der Miſsſtand, daſs der obere Flanſch der letzteren im Deckenputz völlig verſchwindet, was unkonſtruktiv und unſchön ausſieht. Wenn die Unterzüge nicht nach Fig. 132 in ſtarke Kaſten ganz eingehüllt werden, ſo lege man zwiſchen die Unterflächen der Balken und den oberen Flanſch des Unterzuges Brettſtücke von ſolcher Dicke ein, daſs die Oberkante des letzteren bündig mit der Putzunterkante zu liegen kommt.

70. Fuſsbodendielen und Deckenſchalungen bei eiſernen Tragbalken.

Will man unter Beibehaltung der ſonſtigen Teile nur die Holzbalken der beſchriebenen Decken durch eiſerne erſetzen, ſo entſteht eine Schwierigkeit aus der Unmöglichkeit, Dielenlagen für Fuſsböden und Deckenſchalungen ohne weiteres auf und unter die Balken zu nageln oder zu ſchrauben. Im folgenden werden einige Mittel zur Hebung dieſer Schwierigkeit aufgeführt.

Fig. 133 zeigt zunächſt die geſchmiedete *Sinzig*-Klammer [86]), eingeführt von *H. Köttgen & Co.* in Bergiſch-Gladbach, mit deren Hilfe man Bohlen verſchiedener Stärke ſo auf und unter eiſerne Trägerflanſche klammern kann, daſs dieſe nun in jeder Beziehung wie hölzerne behandelt werden können. Gelegenheit zur Auflagerung von Fachausfüllungen bieten die Flanſche ohne weiteres [87]).

Denſelben Erfolg ergeben die aus ſtarkem Drahte gebogenen Klammern von

---

86) D. R.-G.-M. 61634.

87) Siehe auch: Stahl u. Eiſen 1897, S. 35. — HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1837, S. 14. — 100 Stück koſten 3,20 Mark.

Digitized by Google

Rordorf[88]). In Fig. 134 ist gezeigt, wie die Klammern für quer zu den Eisenträgern laufende Holzlager zu formen sind; die Klammern werden, wenn möglich, vor dem Verlegen der Lager in deren Flanke geschlagen; dann werden die Lager um die Länge des Klammerhakens verschoben verlegt und schliefslich so vorgetrieben, dafs sich die Klammer unter den Trägerflansch klemmt. Man kann die Klammer jedoch auch nach dem Verlegen des Lagers in dieses eintreiben; nur wird dann der Griff unter dem Trägerflansch minder scharf.

Fig. 134.

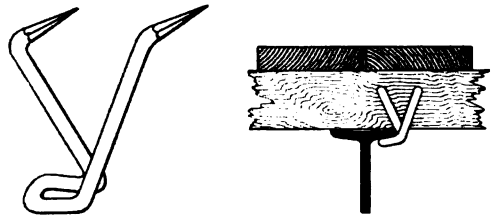


Fig. 135 zeigt die gleiche Klammer nebst ihrer Anbringung für den Fall, dafs das Holzlager längs auf oder unter dem Eisenträger liegt. Diese letztere Form ist der *Sinzig*-Klammer in ihrer Wirkung ganz gleich.

Die Befestigung hölzerner Fufsböden auf eisernen Balken nach *R. Kirchhoff* in Ludwigshafen a. R.[89]) (S. 41, Fig. 136) ist hauptsächlich bei Doppelträgern verwendbar. Zwischen die Doppelträger sind die Holzabschnitte *b* gut passend, sonst lose, so eingelegt, dafs für jede Diele ein Abschnitt zum Nageln vorhanden ist, wie bei den Holzbalkenlagen zu Fig. 52 bis 57 (S. 41) erörtert wurde. Die Abschnitte liegen mit offenen Zwischenräumen voreinander, so dafs sie das Zusammentreiben der Dielen nach dem Schwinden ohne weiteres erlauben. Um den Putz unter den Trägern anbringen zu können, sind Putzrohrabschnitte mit übergespannten Drähten untergelegt und durch in die Holzabschnitte getriebene Hakennägel befestigt, welche die Drähte fassen. Diese Hakennägel müssen sich beim Zusammentreiben der Holzabschnitte mit den Dielen auf den Drähten etwas verschieben, soweit der Putzmörtel dies gestattet, sonst sich selbst oder die Drähte verbiegen, wobei Putz abbröckeln kann. Es erscheint daher empfehlenswerter, die Einlage *b* zu teilen und sie unten aus einer durchlaufenden, festliegenden Bohle zu bilden, auf der die oberen Abschnitte mit offenen Zwischenräumen gleiten können, so dafs das Zusammentreiben möglich ist, ohne den Putz unten in Mitleidenschaft zu ziehen. Etwa erforderliche Höhenausgleichung geschieht durch Polster auf den Balken.

Fig. 135.

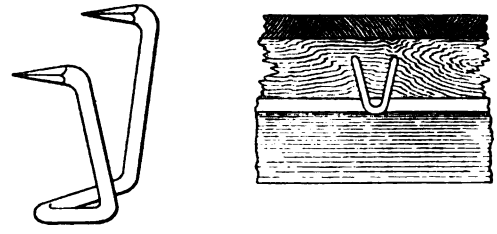
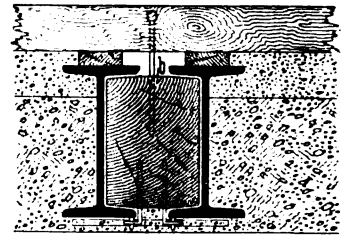


Fig. 136.



Durch die Anordnung von Doppelbalken wird die Ausführung verhältnismäfsig teuer; doch liefsen sich ähnlich wirkende Konstruktionen auch wohl für einfache Balken ersinnen.

Die bisher besprochenen Anordnungen verlangen alle erst das Anbringen be-

[88]) D. R.-P. — Geliefert von *Rordorf* in Zürich; *W. Hanisch & Co.* in Berlin; *H. Breuning* in Stuttgart.
[89]) D. R.-P. 61960.

Digitized by Google

ſonderer Holzteile an den Eiſenträgern, ehe man die Dielungen nageln kann. Um Dielen und Bohlen unmittelbar an Eiſenträgern zu befeſtigen, gleichzeitig untereinander unverſchieblich zu verbinden, das Werfen der Dielen oder Bohlen zu verhindern und dabei noch das Zutagetreten von Nagelköpfen oder Schrauben zu vermeiden, werden die *Rordorf*'ſchen Verbindungshaften[90]) verwendet. Fig. 137 zeigt eine ſolche geſchmiedete Haftklammer für dicht zu legende Fuſsbodendielen, Fig. 138 eine für Blindboden mit gleichweiten offenen Fugen beſtimmte, deren oberer Anſatz die Weite der Fugen feſtlegt.

Fig. 137.

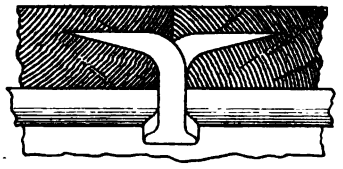
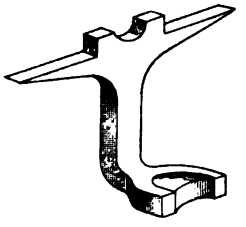


Fig. 138.



Schliefslich iſt als Mittel zur Befeſtigung von Holzdielen an Eiſenbalken der Patenthaken von *L. Bethe* in Stade[91]) zu erwähnen.

71. Anordnungen von geringer Konſtruktionshöhe.

Auch die nunmehr vorzuführenden Deckenanordnungen von geringer Konſtruktionshöhe gehören zu jenen Anordnungen, bei denen ſchwache Holzbalken ſich auf eiſerne Deckenträger ſtützen. Beiſpiele der hierbei in das Auge gefaſsten Ausbildungen zeigen Fig. 132, 139 bis 147.

Fig .139.

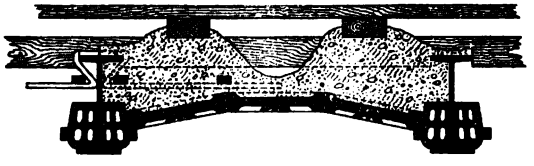
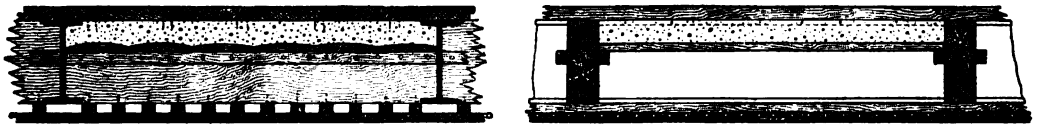


Fig. 143 entſpricht dem Falle, daſs über einem weiten Raume eine Decke hergeſtellt werden ſoll, welche möglichſt wenig Höhe wegnimmt. Deshalb ſind niedrige, ſtarke Kaſtenträger faſt unmittelbar unter die Fuſsbodenbretter gelegt, welche die gewöhnlichen Holzbalken in ſeitlich angenieteten Blechrahmen aufnehmen.

Die Ausfüllung der Balkenfache, welche nach einer der im vorhergehenden Kapitel unter *b* angegebenen Weiſen erfolgt, iſt nicht dargeſtellt; dagegen iſt angedeutet, wie die Fuſsbodenbretter über dem

Fig. 140.



Eiſen der Träger zu lagern ſind, und wie der niedrige Vorſprung des Trägers nach unten durch Ausbildung einer getäfelten Decke verdeckt werden kann. Der ganze Träger ſteckt in einem aus profilierten Leiſten gebildeten Kaſten, welcher durch auf die Gurtung des Trägers greifende, eingepaſste Klötze getragen wird. Dieſe Klötze werden durch die unter die Balken geſchraubten Tragleiſten der Deckentäfelung am Herausfallen verhindert; eine unmittelbare Verbindung zwiſchen Holz und Eiſen, welche Anbohren des Eiſens bedingt hätte, iſt nicht vorgenommen.

In Fig. 132 liegen die eiſernen Träger ganz unter den über ihnen geſtoſsenen und verklammerten Bohlenbalken. Auch hier iſt ein breiter Kaſten unter der Balkenlage nach amerikaniſchem Muſter hergeſtellt, indem die doppelt angeordneten Träger zunächſt mit in Zementmörtel aufgeſetzten, dem Trägerquerſchnitte angepaſsten ge-

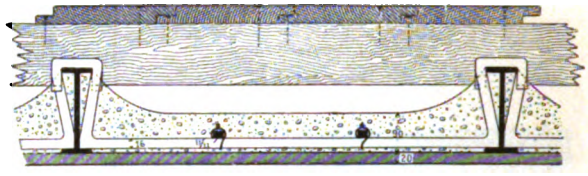
[90]) Geliefert von *Rordorf* in Zürich; *H. Breuning* in Stuttgart; *H. Haniſch & Co.* in Berlin. — D. R.-P. — Siehe auch: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S 119.

[91]) Siehe: Deutſche Bauz. 1883, S. 315.

Digitized by Google

brannten Thonplatten verkleidet und darüber mit profiliertem Gipsputze bedeckt wurden [92]). So iſt ein wirkſamer Schutz der Träger gegen Feuer erzielt, welche ihre Tragfähigkeit durch unmittelbaren Angriff des Feuers erfahrungsmäſsig ſchnell, unter Umſtänden ſchneller als ſtarke Holzbalken, verlieren [93]).

Fig. 141.

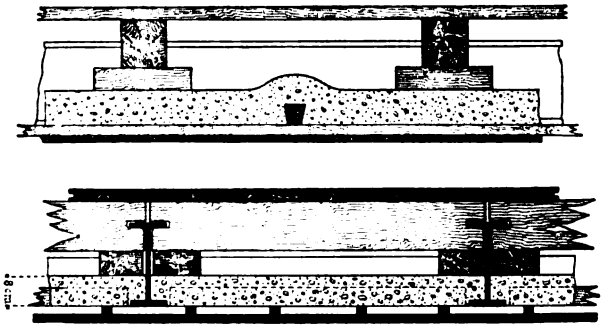


Das eigenartige Anbringen von Thonflieſen nach *White* unter den Holzbalken als Träger des Putzes der Decke wurde ſchon in Art. 59 (S. 69) beſprochen.

In Fig. 142 [94]) ſind zwiſchen die enger gelegten Eiſenbalken ſchwache Holzträger unter Einſchneiden der Trägerflanſche in die Hirnenden eingeſetzt. Die Fachausfüllung iſt durch eine 8 cm ſtarke Lage eines Gemenges von Gips und Steinbrocken gebildet, gegen welche die kleinen Traghölzer durch keilförmige Holzeinlagen abgefangen ſind.

Letztere dienen zugleich dazu, die Hölzer in die genau richtige Höhenlage zu bringen. Die Hölzer tragen einen gefederten Fuſsboden, deſſen Bretter parallel zu den Eiſenbalken gelegt ſind. Um eine Putzdecke auf Rohr oder nach *Rabitz* und *Monier* anbringen zu können, iſt jedesmal mitten zwiſchen zwei Holzträgern ein Abſchnitt einer hölzernen Schwalbenſchwanzleiſte zwiſchen den unteren Flanſchen der I-Balken in den Gips eingeſtampft, unter welche dann die den Deckenputz tragenden Latten für Rohrputz in enger, für *Rabitz*- und *Monier*-Putz in weiterer Teilung genagelt werden können. Die Koſten dieſer Decke betragen 10,2 Mark für 1 qm.

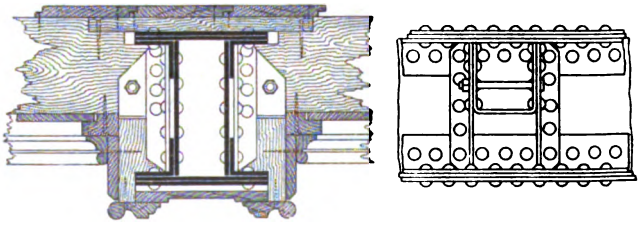
Fig. 142.



72. Vorſchläge von *Stolz*.

Stolz [95]) macht für derartige Decken die in Fig. 145 u. 146 dargeſtellten Vorſchläge [96]), welche von dem Geſichtspunkte ausgehen, derartige Decken nach den von ihm geſammelten Erfahrungen thunlichſt feuerſicher zu geſtalten. Nach *Stolz* droht den Decken von oben her wenig Gefahr, da, wie ſchon in Art. 49 u. 55 (S. 62 u. 65) erwähnt wurde, ſelbſt bei ſtarken Feuersbrünſten hölzerne Fuſsböden wegen Mangels an Luft höchſtens ankohlen, wenn nur kein anfachender Zug durch die Decke ſelbſt kommen kann. Höchſt gefährdet ſind dagegen die Deckenunterflächen, und in dieſen beſonders die Rückſprünge, welche neben vorſpringenden Teilen, Unterzügen u. dergl. entſtehen. Solche Vorſprünge ſind daher zu vermeiden; Unterzüge

Fig. 143.



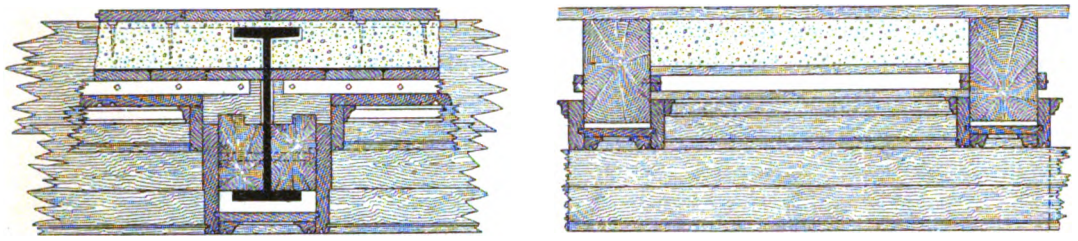
92) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 436. — *American engineer* 1887, S. 230.
93) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 417.
94) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 43.
95) Branddirektor von Magdeburg.
96) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 3.

Digitized by Google

müſſen alſo in der Deckendicke thunlichſt verſteckt werden, wenn letztere dadurch auch wachſen ſollte.

Stolz führt in dieſer Beziehung an, daſs ein 75 cm unter der Decke liegendes Ofenrohr die Einſchubbretter in den Balkenfachen entzündete, obwohl an der unter den Balken liegenden Bretterſchalung

Fig. 144.



keine Brandſpuren zu finden waren. Aus gleichem Grunde iſt es auch von beſonderer Wichtigkeit, die Träger von unten her feuerſicher einzuhüllen, da ſie durch Erhitzen ihre Tragfähigkeit verlieren.

Fig. 145 ſtellt eine gewöhnliche Zimmerdecke vor, bei der die Träger von oben und unten durch Aſchenfüllung, und zwar oben weniger als unten, geſchützt ſind. Zur Stützung der unteren Aſchenlage iſt eine *Rabitz*-Decke mindeſtens 10 cm unter den Balken aufgehängt, und an dieſen iſt die Aſche ſo weit aufgeſchüttet, daſs der Balken nebſt den auf den unteren Flanſch geſetzten Tragleiſten für den Einſchub noch genügend geſchützt wird. Der Einſchub liegt ſo tief, daſs auch der Balkenkopf noch ganz in Aſche gehüllt iſt. Die Fuſsbodenlager ſtehen ſo weit von den Balken ab, daſs ein die erſteren ergreifender Brand letztere noch nicht erheblich erhitzen kann. Auf den Einſchub und unter die Fuſsbodenlager iſt eine Lage von Dachpappe gebracht, um das Durchrieſeln der oberen Aſchenlage durch den Einſchub und das Entſtehen von Luftzug von unten durch die Decke zu verhindern.

Fig. 145.

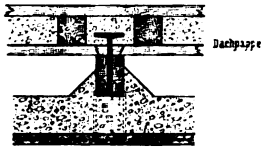
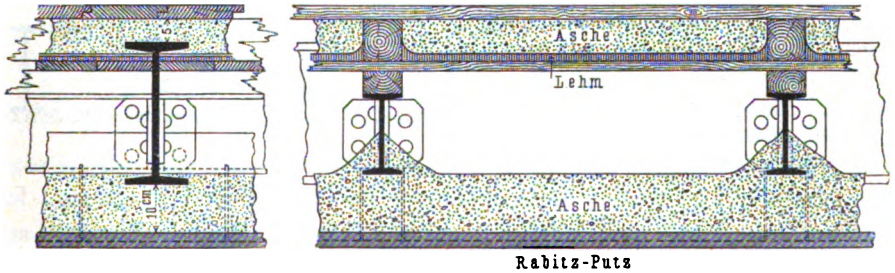


Fig. 146 zeigt eine gleiche Decke, deren weite Spannung aber die Anordnung

Fig. 146.



Rabitz-Putz

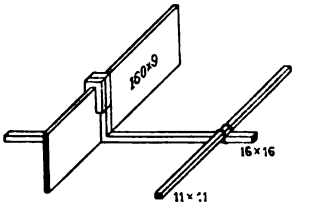
eines ſtarken Unterzugträgers nötig gemacht hat. Die Eiſenbalken ſind innerhalb der Höhe des Unterzuges an ſeinen Steg befeſtigt und von unten ebenſo, wie in Fig. 145, derart geſchützt, daſs 10 cm Aſche unter der Unterzugkante bleiben. Um nun auch die obere Gurtung des Unterzuges genügend einzuhüllen, ſind Polſterhölzer auf die Balken gelegt, ſo daſs der hier mit Lehmſchlag ſtatt mit Dachpappe eingedichtete Einſchub der oberen Gurtung des Unterzuges nahe liegt und die Verfüllung

Digitized by Google

der Fufsbodenlager diefen deckt. Ein fchwacher Punkt bleibt die Ueberkreuzung der Lagerhölzer mit dem Unterzuge; doch ift die hier entftehende Gefahr wegen der geringen Ausdehnung der gefährdeten Stelle nicht erheblich. Auch dafs der Brand durch die Holzteile bis zu den oberen Gurtungen der Balken durchdränge, ift nicht zu befürchten.

So forgfältig diefe Decken mit Rückficht auf Sicherung gegen Feuer und Auswahl billiger Bauftoffe durchgebildet find, fo ift nicht zu verkennen, dafs fie durch ihre das gewöhnliche Mafs, befonders bei Anordnung von Unterzügen, weit überfchreitende Dicke und den dadurch entftehenden Mehraufwand an Mauerwerk in den Wänden nicht gerade fparfam genannt werden können.

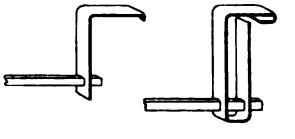
Fig. 147.



73. Franzöfifche Anordnungen.

In Frankreich find derartige Deckenkonftruktionen [97]) fehr beliebt. Zunächft ift eine ganze Reihe von Decken nach verfchiedenen Erfindern benannt; diefe zeigen wenig Abweichungen voneinander und find wegen zu kleiner Einzelteile und fchwieriger Zufammenfetzung nur in befchränktem Mafse zur Ausführung gekommen. Hierher gehören die Decken von *Angot*, *Bellemare*, *Batelier*, *Jeannette*, welche die Träger aus möglichft leichten Band- und Quadrateifen bilden. Ueber die Träger ftrecken fich fchwache Balken zur Aufnahme des Fufsbodens, und die Ausfüllung der Balkenfache wird aus Gipsbeton auf einem Rofte von dünnen Quadrateifen gebildet.

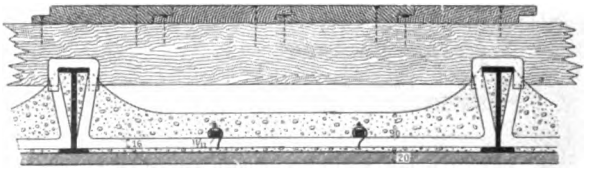
Fig. 148.



Auf die Dauer fcheint fich nur eine derartige Konftruktion zu behaupten, die von *Vaux* (Fig. 147), welche weit verbreitet ift. Die Träger beftehen aus mit $^1/_{10}$ Pfeil nach oben durchgebogenen, hochkantig geftellten Flacheifen, welche in den Wänden verankert find.

Gegeneinander werden diefe Bänder durch gefchmiedete Bügel aus Quadrateifen abgefteift, fo dafs fie nicht kippen können. Die Querbügel tragen zwifchen je zwei Balken von 75 cm Abftand zwei kleine mit Draht feftgebundene, quadratifche Eifenleiften, und an das fo gebildete Leiftennetz hängt man die Deckenausfüllung aus feinem Gipsbeton, welcher, weich eingebracht, auf den umhüllten Leiften erhärtet (Fig. 141 u. 139). Ueber die Flacheifenbalken ftreichen in der Querrichtung ganz fchwache Balken oder Lagerhölzer, und diefe nehmen dann die Fufsbodenbretter auf. Unter dem unten auf Bretterfchalung eben abgeglichenen Gipsbeton wird der Gipsputz der Decke aufgetragen.

Fig. 149.



Die wefentlichften Mängel diefer Konftruktion find die äufserft geringe feitliche Steifigkeit und die fchwierige Auflagerung der Flacheifenträger, fowie die Lagerung der Holzbalken auf die Kanten der Flacheifen.

Noch gebräuchlicher find die Deckenanordnungen von *Thuasne* und namentlich diejenigen von *Rouffel*, letztere vorwiegend in Paris.

Thuasne verwendet I-Balken, über deren Gurtungen zum Einfetzen der kleinen quadratifchen Querftäbe rechteckige Blechmuffen gefchoben werden (Fig. 148).

Diefe Muffen find behufs Aufnahme der Querftäbe quadratifch gelocht, und nach Einfchieben der Stäbe werden Splinte im Zwifchenraume zwifchen Muffe und Trägerfteg durch die gelochten Stab-

97) Siehe: *Annales induftr.* 1883—II, S. 5 u. ff.

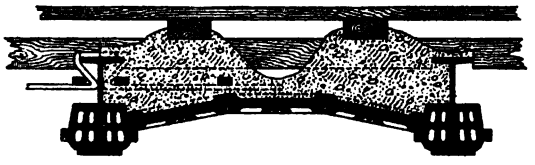
Digitized by Google

enden geſchoben. Die Querſtäbe tragen, wie bei *Vaux*, mit Draht gebundene Querleiſten, und die Zwiſchendecke wird, wie bei allen derartigen franzöſiſchen Konſtruktionen aus Gipsbeton in den Stabroſt eingeſtampft.

Die Bauart *Rouſſel* (Fig. 149) unterſcheidet ſich gegen jene von *Thuasne* nur dadurch, daſs die Querſtäbe, wie bei *Vaux*, bügelartig über die I-Träger gebogen werden und dieſe ſehr wirkſam gegeneinander abſteifen. Auch hier hängt die Gipsdecke am Roſte der Quer- und Längsſtäbe.

Auch Fig. 150 zeigt eine ähnliche Anordnung, bei welcher jedoch der Gipsbeton nach unten durch Fayenceflieſen (vergl. Art. 67, S. 73) abgeſchloſſen iſt. Für letztere wird ein gutes Widerlager durch Hohlziegel gebildet, welche, auf die untere Gurtung der Balken geſetzt, dieſer zugleich eine beſſere Wirkung durch Vergröſserung des vorſpringenden Körpers verleihen.

Fig. 150.



1/15 w. Gr.

Da dieſes Flieſengewölbe eine erhebliche Tragfähigkeit beſitzt, ſo wird dieſe Decke auch ohne den Roſt von Eiſenſtäben gebildet, der deshalb nur in die linke Hälfte von Fig. 149 eingetragen iſt.

Oben ruhen die Fuſsbodenlager auf den in gröſseren Abſtänden gelagerten hölzernen Querbalken wieder der Länge nach, ſo daſs die Bretter wieder winkelrecht zu den Balken laufen. Der Gipsbeton umhüllt ſowohl die Querbalken, wie die Längslager wenigſtens ſo weit, daſs ſie unverſchieblich liegen.

Bei allen dieſen Bauweiſen iſt die Teilung der Querſtäbe etwa 75 cm, diejenige der Längsſtäbe etwa 25 cm. Sie tragen kleine Lagerbalken auf den Trägern und den Gipsputz der Decke ohne Zwiſchenmittel unter der Gipsbetonfüllung. Unter den Trägerflächen erhält der Putz keine beſondere Befeſtigung.

Die kleinen Querbalken bleiben jedoch auch wohl weg, und dann werden die Längslager dicht neben die Eiſenbalken unmittelbar in den Gipsbeton gelagert, welcher dazu tragfähig genug iſt, namentlich wenn er das Stabgerippe enthält oder auf Flieſenbogen ruht. Da die Laſten dann nicht mehr von den Holzteilen, ſondern durch die Gipsfüllung auf die Balken übertragen werden, ſo bildet dieſe Ausbildung der franzöſiſchen Gipsdecke ſtreng genommen ſchon ein Beiſpiel der in Kap. 4 zu beſprechenden Decken aus Eiſen und Stein oder Mörtel.

Daſs dieſe Gipsdecken wegen des Zerfallens des Gipſes in der Hitze nicht zu den feuerſicheren zu rechnen ſind, wurde bereits in Art. 42 (S. 58) erwähnt. Aus dieſem Grunde ſind auch die den Träger begleitenden Kämpferſtücke in Fig. 139 nicht ſo geſtaltet, daſs ſie den unteren Trägerflanſch ganz einhüllen. Es wäre jedoch dieſe noch ſpäter (in Kap. 4) zu beſprechende Formung auch hier wohl am Platze, weil die Flieſendecke auch nach dem Zerfallen des Gipſes noch als ziemlich widerſtandsfähig anzuſehen iſt, wenn nur die Balken ihre Tragfähigkeit nicht durch Erhitzen verlieren.

74. Neuere deutſche Konſtruktionen.

Eine weitere deutſche Anordnung dieſer Gruppe zeigt Fig. 144[98]), welche der in Fig. 143 dargeſtellten ähnlich iſt. Die möglichſt in der Decke verſteckten I-Unterzüge tragen über dem unteren Flanſch an den Steg gebolzte Lagerhölzer für die Holzbalken. An die Lagerhölzer ſind zugleich die den unteren Teil der Unterzüge verdeckenden Verſchalungen aus profilierten Brettern angebolzt; in übereinſtimmender Weiſe ſind auch die unteren Balkenteile behandelt.

Auch Fig. 151[99]) zeigt eine ähnliche Anordnung, bei welcher jedoch die enger

98) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 410.

99) Siehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 298.

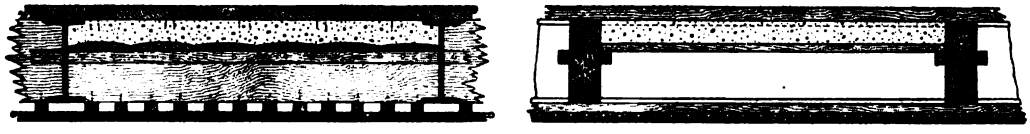
Digitized by Google

gelegten Eiſenbalken ganz in der Decke verſchwinden. Die Querbalken aus Bohlen lagern unmittelbar auf dem unteren Flanſche.

75. Konſtruktionen mit beſonders geformten Trägern.

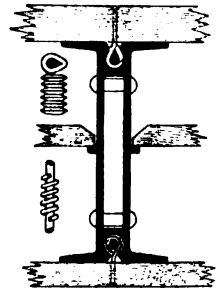
Für die Konſtruktion der Decken mit Eiſenträgern und Holz ſind auch beſondere Trägerformen eingeführt worden, jedoch wenig in Gebrauch gekommen, da das Walzen ſonſt nicht verwendbarer Trägerformen für dieſen Sonderzweck zu teuer iſt.

Fig. 151.



Der Träger von *Gocht* in Chemnitz (Fig. 152[100]), gewalzt von der Königin-Marienhütte in Cainsdorf, 18 cm hoch aus Fluſseiſen, mit einem Widerſtandsmoment von 132 (auf Centim. bezogen), bezweckt die unmittelbare Nagelung der Fuſsbodenbretter und der Deckenſchalung an die Eiſenträger.

Fig. 152.



Zu dieſem Zwecke wird in die Hohlkehlen, welche beim Zuſammennieten der getrennt gewalzten Trägerhälften entſtehen, eine birnförmige, gerippte Guſsleiſte oder ein mit Draht umwickeltes dünnes Rundeiſen vor dem Vernieten eingelegt. Treibt man nun Nägel durch die Bretter in die Hohlkehlen, ſo biegen ſich dieſe um die Einlagen herum und werden zu Befeſtigungshaken. In halber Höhe haben die Stege kleine Anſätze zur Auflagerung von Einſchubbrettern, welche die Füllung aufnehmen, ſo daſs die Geſamtanordnung einer hölzernen Balkenlage völlig entſpricht.

Dieſer Träger wurde in der Nicolai-Apotheke zu Chemnitz, im Block *G* der Lagerhäuſer der Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Geſellſchaft und in den Erfriſchungsräumen *Meins* in Hamburg verwendet.

Der Träger von *Klette*[101]), gleichfalls von der Königin-Marienhütte in Cainsdorf, 21 cm hoch, 29,8 kg für 1 lauf. Meter ſchwer, mit einem Widerſtandsmoment von 225 (auf Centim. bezogen) gewalzt, iſt in Fig. 153 u. 154 in älterer und neuerer Geſtalt dargeſtellt.

Fig. 153.

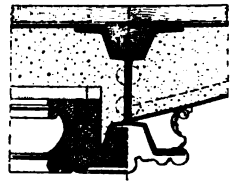


Fig. 153 zeigt links die Anordnung einer hölzernen Einſchubdecke auf Lagerhölzern, welche vom unteren Flanſch getragen werden und zugleich eine Verſchalung des Trägers aufnehmen. Die Fuſsbodenbretter ruhen auf kleinen Lagerhölzern, welche mit Aſphalt in die obere Gurtung eingeſetzt ſind. Die Füllung iſt in gewöhnlicher Weiſe angeordnet und unter den Brettern mit Aſphaltfilz abgedeckt. Die untere Trägerverſchalung iſt noch an einer in die untere Gurtung eingelegten und ſeitlich verſchraubten Holzleiſte befeſtigt.

In Fig. 154 iſt an der neueren Geſtalt des Trägerquerſchnittes links eine gewöhnliche Einſchubdecke mit geputzter Deckenſchalung gezeigt. Der Hohlraum in der oberen Gurtung iſt mit einer nagelbaren Miſchung aus Aſphalt und Holzabfällen heiſs ausgefüllt, ſo daſs auch hier unmittelbare Nagelung der Fuſsbodenbretter, wie bei *Gocht*, ermöglicht iſt; die Träger werden mit dieſer Füllung angeliefert. In die untere Gurtung laſſen ſich, zufolge der gewählten Form des Gurtungsquerſchnittes,

[100]) Siehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 96, 555; 1887, S. 44.

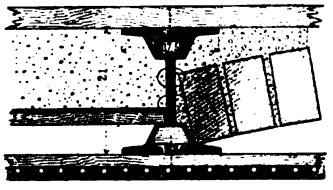
[101]) Siehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 129, 298. — Wochbl. f. Baukde. 1886, S. 146, 234. — Civiling. 1886, S. 283.

Digitized by Google

Holzklötze feſt einklemmen, an deren Unterfläche die Deckenſchalung befeſtigt wird. Gelegenheit zur Auflagerung der Einſchubbretter giebt der obere Abſatz der unteren Gurtung.

Beide Träger, der von *Gocht* und jener von *Klette*, namentlich der letztere, zeichnen ſich durch vergleichsweiſe hohe Widerſtandsmomente und breite Lagerflächen der unteren Gurtung aus, welche die Auflagerung auf die Wände weſentlich erleichtern. Beide ſind wiederholt zur Zufriedenheit der Ausführenden zur Verwendung gelangt.

Fig. 154.

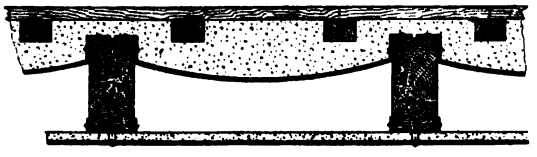


Ein dem *Klette*'ſchen Träger ſehr ähnlicher kann auch aus zwei Trapezeiſen von *Lindſay* [102]) zuſammengeſetzt werden, wenn man je ein ſolches Eiſen mit dem Boden auf die obere Gurtung und unter die untere Gurtung eines I-Eiſens nietet. In Kap. 9 (bei Berechnung der eiſernen Träger) wird hiervon noch eingehend geſprochen werden.

76. Engliſche Konſtruktionen.

Im Gegenſatze zu dieſen Konſtruktionen mit Eiſenbalken und hölzerner Stützung des Fußbodens werden in England Decken verwendet, bei denen die Träger wieder Holzbalken, die Teile, welche den Fußboden tragen, aber aus Eiſen, und zwar aus Eiſenblech, hergeſtellt ſind (Bauart *Edwin May*). Ein Beiſpiel dieſer vielfach verſchiedenen Anordnungen zeigt Fig. 155. Auf die Balken ſind 6 bis 8 mm ſtarke Hängebleche genagelt, welche mittels Bettung und Lagerbohlen den Fußboden aufnehmen. Nach unten iſt die Balkenlage gleichfalls durch ein ſchwaches Blech abgeſchloſſen. Die Teile ſind zugleich ſo angeordnet, daſs die Decke einen hohen Grad von Feuerſicherheit erhält.

Fig. 155.



Von oben kann die Hitze nicht eindringen, da die Holzteile des Fußbodens nur mit der feuerſicheren Ausfüllung in unmittelbarer Berührung ſtehen. Unten iſt das Blech mittels eiſerner Hülſen für die Nägel etwas von den Balken entfernt gehalten; der Zwiſchenraum iſt mit Füllſtoff geſchloſſen und jeder Balken unten noch mit einer Blechkappe verſehen.

Bedenklich ſind ſolche Anordnungen mit dünnen Blechen in feuchten Räumen, da die Bleche leicht durchroſten; ſie müſſen jedenfalls durch guten Anſtrich oder Verzinkung geſchützt ſein.

Als weiteres Beiſpiel iſt hier die Decke von *Peaſe* in Stockton-on-Teas mit Bohlenbalken und Fachausfüllung aus Eiſenblech anzuführen, die zuſammen mit den eiſernen Decken in Kap. 5 (bei Fig. 375) ausführlicher beſchrieben werden wird.

4. Kapitel.

Balkendecken in Stein, Mörtel oder Beton und Eiſen.

77. Vorbemerkungen.

Hierher gehören Anordnungen, bei denen eiſerne Träger die eigentlich tragenden Teile der Deckenkonſtruktion bilden, und die Ausfüllung der Trägerfache ganz oder zum Teile mit Stein, bezw. mit Mörtelkörpern erfolgt; in der Regel hat dieſe Fachausfüllung dann auch die Fußbodenlaſt zu tragen.

[102]) Engliſches Patent. — Siehe auch: *Engineer*, Bd. 64 (1887), S. 289. — *Engng.*, Bd. 44 (1887), S. 209. — Centralbl. d Bauverw. 1887, S. 389.

Digitized by Google

Für Decken der hier zu beſprechenden Art iſt in den letzten Jahren eine übergroſse Zahl von Formen und Ausbildungsweiſen entſtanden, über welche eine richtig abwägende Ueberſicht heute noch ſchwer zu erreichen iſt. Das Streben faſt aller gröſserer Baugeſchäfte, zu Anpreiſungszwecken über ein Patent auf dieſem Gebiete zu verfügen, erſcheint als Anlaſs zur Entſtehung einer groſsen Zahl von Konſtruktionen, für die ein thatſächliches Bedürfnis gegenüber ähnlichen, ſchon vorhandenen, gar nicht vorlag. Auch hier muſs wieder betont werden, daſs die Art und Weiſe der Handhabung der Patentgeſetzgebung fördernd auf dieſe Verhältniſſe eingewirkt hat, inſofern vielfach unweſentliche, nur nebenſächliche Formgebungen oder Abänderungen der Wirkungsweiſe betreffende Verſchiedenheiten als genügend für die Begründung eines neuen Patentes angeſehen worden ſind.

Nachdem z. B. auf die Verbindung des Eiſens mit Mörtelarten, wie ſchon in Fuſsnote 66 (S. 61) betont wurde, zwei gleichartige Patente erteilt waren, hat man, wohl durch dieſen Vorgang gezwungen, eine weitere groſse Zahl von Patenten auf dieſelbe Verbindung erteilt, je nachdem die Form des Eiſens oder die Ausgeſtaltung der Umgebung verändert war. Und doch liegt genau dieſelbe Wirkung vor, mag das Eiſen in Geſtalt von Draht, Bandeiſen, Netzen, Geweben oder Walzformen, und mag die Umgebung als Mörtel, Beton oder Mauerwerk erſcheinen. Man iſt auf dieſem Wege allmählich zu einer Kleinlichkeit der Unterſcheidungsmerkmale gelangt, welche die Zahl der Patente eine ſehr groſse hat werden laſſen, und die in den zahlreichen Patentprozeſſen wegen der Notwendigkeit gleicher Rechtſprechung für alle die Anerkennung von Verſchiedenheiten auch bei ſolchen Anträgen bedingte, bei deren Inhalt dieſelbe Hauptwirkung vorlag wie bei den früher erteilten Patenten.

Dieſe Sachlage hat nach vier Richtungen ſchädlich gewirkt.

Zunächſt hat ſie eine ſehr groſse Zahl von Konſtruktionen da entſtehen laſſen, wo wegen des Maſſenverbrauches und zum Zwecke ſchneller Sammlung maſsgebender Erfahrungen über die billigſte und beſte Herſtellungsweiſe gerade eine geringe Zahl von Ausführungsformen erwünſcht geweſen wäre und auch genügt hätte.

Zweitens ſind beim Suchen nach neuen patentfähigen Deckenbildungen immer verwickeltere Formen und Konſtruktionen entſtanden, deren Schwierigkeiten in keinem vernünftigen Verhältniſſe zu den zu erzielenden Erfolgen ſtehen, und die nur verwirrend auf die Anſchauungen über Erforderniſſe und Wirkungen der Decken gewirkt haben.

Drittens haben die zahlreichen Patentſtreitigkeiten viele Bauherren und Unternehmer veranlaſst, ein rechtlich ſo bedenkliches Gebiet gar nicht zu betreten, und ſich mit den alten Konſtruktionen zu begnügen, obwohl doch gerade auf dem Gebiete der Deckenausbildung die neueren Anſchauungen würdig und berufen ſind, ſchnellſte Verbreitung zu finden.

Viertens haben die Vielgeſtaltigkeit, alſo die Unmöglichkeit der Vorbereitung im groſsen, die verwickelte Durchbildung und der Aufſchlag des Gewinnes der Patentinhaber vielfach zu Preiſen geführt, die abſchreckend wirken muſsten.

Dieſer unnatürlichen Sachlage gegenüber muſs in der nächſten Zukunft das Beſtreben der Techniker darauf gerichtet ſein, eine Sichtung der überreichen Muſterkarte vorzunehmen, und eine geringe Zahl einfacher und nach neueren Anſchauungen guter, womöglich nicht patentierter Konſtruktionen für die allgemeine Verwendung auszuſondern, die mit gleichem Gewichte an die Stelle der heute als überwunden

Digitized by Google

zu bezeichnenden, früher allgemein und einheitlich verwendeten Decken zu treten berufen erſcheinen. Sollte das vorliegende Heft dieſes »Handbuches« noch einmal aufgelegt werden, ſo hoffen wir dann der in dieſem Sinne vereinfachend vorgegangenen Bautechnik ſchon durch Streichen mancher nicht bewährten Konſtruktion folgen zu können; für heute bleibt nichts anderes übrig, als in den Verſuch einer vollſtändigen Darſtellung des Vorliegenden einzutreten.

78. Einteilung.

Die Ueberſicht über das ganze Gebiet zu gewinnen, ſoll unter Durchführung der folgenden Einteilung verſucht werden.

a) Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung:
   1) aus gewöhnlichen oder beſonders geformten Voll-, Loch-, Leicht- und Porenſteinen;
   2) aus dünnwandigen Hohlkaſten;
   3) aus im Bau eingeſtampftem Mörtel oder Beton
      α) ohne Eiſeneinlagen,
      β) mit Eiſeneinlagen;
   4) aus fertig in den Bau gebrachten Mörtel- oder Betonkörpern
      α) ohne Eiſeneinlagen,
      β) mit Eiſeneinlagen.

b) Ausfüllung der Trägerfache mit Platten:
   1) aus im Bau eingeſtampftem Mörtel oder Beton
      α) ohne Eiſeneinlagen,
      β) mit Eiſeneinlagen;
   2) aus fertig in den Bau gebrachten Mörtel- oder Betonkörpern
      α) ohne Eiſeneinlagen,
      β) mit Eiſeneinlagen;
   3) aus dünnwandigen Hohlkaſten
      α) ohne Eiſeneinlagen,
      β) mit Eiſeneinlagen;
   4) aus gewöhnlichen oder beſonders geformten Voll-, Loch-, Leicht- und Porenſteinen
      α) ohne Eiſeneinlagen,
      β) mit Eiſeneinlagen.

a) Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung.

1) Wölbung aus gewöhnlichen oder beſonders geformten Voll-, Loch-, Leicht- und Porenſteinen.

79. Auswölbung.

Eine häufig vorkommende Deckenkonſtruktion iſt diejenige, bei der zwiſchen die eiſernen Träger gewölbte Kappen eingezogen werden [103]).

Fig. 156 zeigt drei Abarten dieſer Anordnung. Zwiſchen die in einzelnen Fällen bis zu 3,0 m, gewöhnlich etwa 1,5 m voneinander entfernten Träger werden 1/2 Stein ſtarke Kappen geſpannt, deren Kämpfer durch zugehauene (Fig. 156 links) oder geformte Steine (Fig. 156 am rechtsſeitigen Träger links) oder Mörtel (156 am rechtsſeitigen Träger rechts) oder Beton gebildet werden. Die zweite dieſer Anordnungen ſchützt den Träger von unten her gegen Feuer.

Als Mörtel wird meiſt Zementmörtel im Miſchungsverhältniſſe 1 : 3 verwendet. Die Lehrbogen für die Schalung werden auf kleinen Hängerüſtungen angebracht

[103]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 159; 1888, S. 63. — Wochſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 67.

Digitized by Google

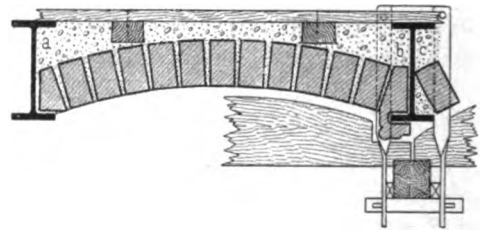
und beſtehen aus kreisförmig geſchnittenen Brettern; bei *Moller*'ſcher Wölbung kann man die Lehrbogen auf den Hängerüſtungen unter den Trägern gleiten laſſen. Der Pfeil der Bogen richtet ſich nach der Trägerhöhe, da ſich der Scheitel der äuſseren Laibung thunlichſt nicht über die obere Gurtung erheben ſoll. Das Hervortreten der Gewölberücken iſt jedoch bei geringer Trägerhöhe nicht immer zu vermeiden.

Der Raum über den Gewölben wird zweckmäſsig mit trockenem Sande, beſſer mit einem ganz mageren Gemenge von Zement oder Kalk mit Sand (1 : 10) oder einem Beton aus Schlacken und Kalkmilch gefüllt. Dieſe Füllung trägt dann in der Regel mittels eingebetteter Lagerhölzer den hölzernen Fuſsbodenbelag, welcher voll aufliegen ſoll, oder die Füllung nimmt je nach der Benutzung der Räume Eſtriche aus Gips, Zement, Beton oder Aſphalt auf, oder ſie wird mit Flieſenbelägen abgedeckt.

Dieſe Auswölbung mit vollen Steinen iſt bei der Erweiterung des Regierungsgebäudes zu Hildesheim [104]) in ausgedehntem Maſse unter völliger Umhüllung der unteren Gurtung der eiſernen Träger nach der zweiten Anordnung in Fig. 156 zur Ausführung gekommen.

Man hing zunächſt mittels Hängebügel, ähnlich dem in Fig. 156 dargeſtellten, mit Seitenteilen aus Rundeiſen und Ober- und Unterteil aus Bandeiſen eine breite Bohle unter jeden Balken, auf welcher die den Trägerflanſch einhüllende Reihe aus Dreiviertelſteinen in Zementmörtel verſetzt wurde. Nachdem dieſe abgebunden war, unterſtützte man wieder ähnlich, wie in Fig. 156, kleine Lehrbretter auf den überragenden Seitenkanten der Bohlen und wölbte nun die Kappen mit Vollſteinen aus.

Fig. 156.



Die Arbeit der Kappenwölbung wurde für 1,75 Mark für 1 qm, einſchl. Verſetzen der Trägerſteine, vergeben. Eine glatte Kappe ohne Trägerumhüllung hätte 1,35 Mark gekoſtet. 1000 Stück verzierte Dreiviertelſteine für ſchwächere Balken koſteten 81,5 Mark, für die ſtärkeren Unterzüge 103,5 Mark. Die geſamten auf die Einhüllung der Trägerunterflanſche entfallenden Koſten betrugen durchſchnittlich 3,38 Mark für 1 lauf. Meter Träger. Der durch das kräftige Hervorheben der Träger zwiſchen den Kappen mittels der unbedeckten Hüllenſteine erzielte Eindruck iſt ein guter.

Für viele Räume iſt die gewölbte Unterfläche der Balkenfache unerwünſcht. Das Anbringen einer glatten, geſchalten und geputzten Decke kann, auch wenn die unteren Gurtungen der Träger mit Stein eingehüllt ſind, erzielt werden, indem man in die Auswölbung ſchmale Bohlenſtücke mit einmauert, deren Unterkante bündig mit den tiefſten Steinteilen liegt und zum Anbringen der Deckenſchalung benutzt wird [105]). Uebrigens wird die Herſtellung ebener Decken in Kap. 6 Gegenſtand beſonderer Erörterung ſein.

Von beſonderer Wichtigkeit iſt bei dieſen Decken neben der Seitenſteifigkeit der Träger möglichſte Leichtigkeit der Fachausfüllung, da dieſe zur Verminderung des Kappenſchubes beiträgt. Daher ſind künſtliche porige oder Tuffſtein-Schwemmſteine für ſolche Auswölbungen beſonders geeignet. Auch Kunſtſteine aus Aſche und Mörtel ſind für ſolche Zwecke vorgeſchlagen worden.

Bei einer beſtimmten Bauausführung wurden die 2 m weiten Trägerfelder bei 21 cm Pfeil 12 cm ſtark in Tuffſtein und gewöhnlichem Schwarzkalkmörtel ausgewölbt und die Zwickel dann mit Schlacken-

104) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 201.

105) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 65.

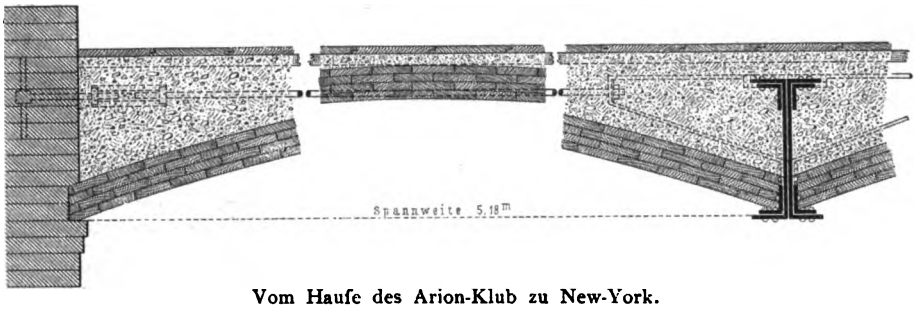
Digitized by Google

beton aus 3 Teilen Kohlenſchlacke und 1 Teil Weiſskalk überſtampft. Die Ausführung erfolgte kurz vor Eintritt des Froſtes (Mitte Dezember), die Ausrüſtung nach Aufgang des Froſtes in den ungeſchützten Kappen (im April). Die Kappen wurden dann mit 1250 kg auf 1 qm über die ganze Breite, mit 1880 kg auf 1 qm einſeitig bis zur Mitte und mit 1525 kg auf 1 qm in der Nähe des Scheitels belaſtet, während Nagelarbeiten am Fuſsboden mit ſchweren Hämmern nahe der Laſt ausgeführt wurden. Hierbei wurde kein Riſs beobachtet.

Bei 1970 kg für 1 qm einſeitiger Belaſtung zeigte ſich dann ein Riſs, 75 cm vom belaſteten Kämpfer entfernt, in der inneren Laibung. Nach zweitägiger Ruhe wurde weiter belaſtet, und bei 2000 kg auf 1 qm entſtand auch ein Riſs 5,5 cm vom unbelaſteten Kämpfer in der äuſseren Laibung. Bei 2400 kg auf 1 qm einſeitiger Belaſtung erfolgte ſchlieſslich der Bruch.

Daſs dieſe ſchwere Decke durch Verwendung von Lochſteinen oder Schwemm- und porig gebrannten Steinen erleichtert werden kann, bedarf keiner beſonderen

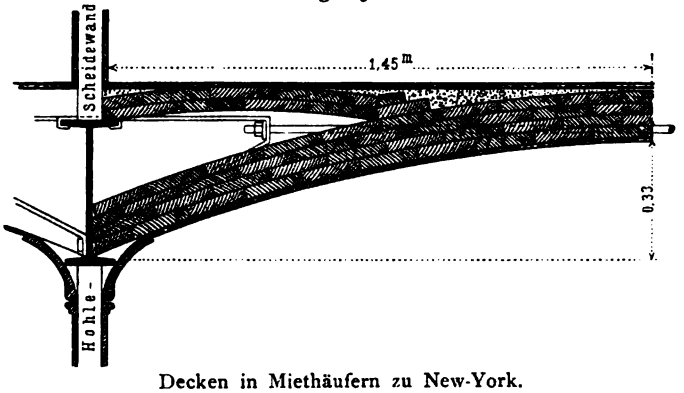
Fig. 157.



Vom Hauſe des Arion-Klub zu New-York.
1/80 w. Gr.

Betonung. Zu weiterer Gewichtsverminderung ſind die in Fig. 76 (S. 52) für Holzbalkenfache ſchon dargeſtellten Excelſior-Leichtſteine von *F. Steffens* in Aachen eingeführt, welche aus Gips, Waſſerkalk oder Zement, Kohlenaſche und Sägemehl oder Lohe geformt ſind, und bei 25 × 12 × 10 cm Ausmaſs nur 2 kg wiegen, dabei nach Feſtſtellungen in der Verſuchsanſtalt zu Charlottenburg 28,2 kg für 1 qcm Feſtigkeit gegen 10,9 kg für 1 qcm der Schwemmſteine beſitzen.

Fig. 158.



Decken in Miethäuſern zu New-York.
1/20 w. Gr.

Verankerte Auswölbungen von ganz beſonders bedeutenden Abmeſſungen, wie ſie der nordamerikaniſche Architekt *Guaſtavino*, z. B. in der öffentlichen Bibliothek zu Boſton[106]), im Gebäude des Arion-Klub und vielen Wohngebäuden in New-York, ſowie auch in Speichern und Seidenwebereien zu Barcelona ausgeführt hat, ſind in Fig. 157 u. 158 dargeſtellt.

Die Wölbung wird in gebrannten Thonplatten von 30 × 15 × 2,5 cm, die unterſte Schicht mit einem ſchnell bindenden Patentmörtel, die übrigen mit gewöhnlichem Zementmörtel ausgeführt. Man kann ſich hiermit der im einzelnen Falle erforderlichen Stärke ſehr genau anſchlieſsen, während die vollen

106) Siehe: *Engng. news*, Bd. 24 (1889), S. 434.

Digitized by Google

Backſteine in dieſer Beziehung ſehr unhandlich ſind. Die Unterfläche der unterſten Schicht wird auch glaſiert ausgeführt.

Die Bogenzwickel ſind in Fig. 157 mit leichtem, magerem Beton überſtampft, der den Träger ganz einhüllt; in den Beton ſind leichte Fuſsbodenlager eingeſtampft, auf denen ein Bretterfuſsboden befeſtigt iſt. Um das ſo entſtehende bedeutende Gewicht zu vermeiden, ſind in Fig. 158 Hohlräume in den Bogenzwickeln durch Aufſetzen kleiner Kappen auf die groſsen gelaſſen. Die Verankerung iſt aus Rundeiſen und Flacheiſenbogen ſo angeordnet, daſs ſie leicht in Spannung verſetzt werden kann, ganz im Mauerwerke bleibt, alſo dem Feuer nicht ausgeſetzt iſt, und die Träger möglichſt in ganzer Höhe faſst.

Feuerſicher iſt aber dieſe Decke nicht vollkommen, da das Feuer die Träger von unten erreichen kann; denn auch in Fig. 158 iſt eine notdürftige Deckung der Träger nur da erreicht, wo Zwiſchenwände unter ihnen ſtehen.

Die Spannweite der einzelnen Kappen wird bei $^1/_{10}$ Pfeilverhältnis bis zu 12,2 m ausgeführt, wobei die Anzahl der Plattenſchichten von 2 bis 6 ſteigt; 3 Schichten reichen unter gewöhnlichen Verhältniſſen bis 3,7 m. Der Preis dieſer Decke wird je nach der Dicke der Wölbung von der geringſten bis zur gröſsten zu 13,5 bis 31,6 Mark für 1 qm angegeben.

Nach angeſtellten Verſuchen iſt die Tragfähigkeit dieſer Deckenkonſtruktion bei 10-facher Sicherheit gegen Bruch ermittelt, wie folgt:

Stichbogentonne			Böhmiſche Kappe		
Weite	Anzahl der Plattenſchichten	Tragfähigkeit	Weite	Anzahl der Plattenſchichten	Tragfähigkeit
1,5	2	4820	1,5 bis 3,7	2	4000
1,5 bis 3,7	3	3000	3,7 bis 4,9	3	4520
3,7 bis 4,9	4	3000	4,9 bis 6,1	4	4800
4,9 bis 6,1	5	3000	6,1 bis 7,3	5	5000
6,1 bis 7,3	6	3000			
Meter		Kilogr. für 1 qm	Meter		Kilogr. für 1 qm

Eine Feuerprobe mit einer *Guaſtavino*-Decke [107]), angeſtellt vom New-Yorker Stadtbauamte in einem für ſolche Verſuche beſtimmten und eingerichteten Gebäude, ergab bei 4167 mm und 3353 mm Grundabmeſſung des halb mit Stützmäuerchen und Hohlräumen, halb mit Betonzwickeln überdeckten Kloſtergewölbes die folgenden Beobachtungen.

Das Gewölbe beſtand aus drei Lagen hartgebrannter Thonplatten von 305 × 152 × 25 mm Gröſse, von denen die unterſte in ſchnell bindendem Gips, die oberen in Zementmörtel verlegt waren; das Pfeilverhältnis des Gewölbes, deſſen Schub durch Kämpferträger und Anker aufgenommen wurde, betrug 1 : 10 der kleineren Weite. Auf der Seite der Stützmäuerchen war ein Fuſsboden aus zwei ſolchen Plattenlagen aufgebracht; in den Betonzwickeln lagen Holzlager.

Die 5 Stunden unter der mit 730 kg für 1 qm belaſteten Decke auf durchſchnittlich 1150 Grad C. erhaltene Hitze hatte den Erfolg, daſs ſich die Decke 19 mm im Scheitel hob. Ein Spritzenſtrahl, unter 4,2 Atmoſphären Preſſung von unten gegen die heiſse Decke gerichtet, löſte einige Platten der unterſten Lage, während die beiden oberen unverändert blieben, ein Beweis für die mindere Beſtändigkeit des Gipsmörtels. Die abgeſchreckte Decke zeigte 5,6 mm Durchbiegung, die nach Abnahme der Laſt auf 4,2 mm ſank. Bei einer Belaſtungsprobe mit 3000 kg für 1 qm am folgenden Tage entſtand eine Senkung von 9,4 mm. Nach Erſatz der abgefallenen Platten wurde die Probe 7 Tage ſpäter wiederholt; auch die zweite Probe lieſs das Gewölbe im weſentlichen in ſeiner Tragfähigkeit unbeeinträchtigt.

Ein leichte Auswölbung liefert die $^1/_4$ Stein ſtarke Kappe nach Fig. 159 [108]). Die ganz ungelochten Träger nehmen mittels eingeſetzter Holzklötze kleine, mit ihrer Oberkante mit den Trägern bündig liegende Leiſten auf, welche den Fuſsboden tragen. Dieſer ruht nicht unmittelbar auf der wenig tragfähigen Ausfüllung, ſondern

[107]) Siehe: *Engng. news*, Bd. XXII (1889), 9. Nov.; Bd. XXXVII (1897), S. 225, 255.

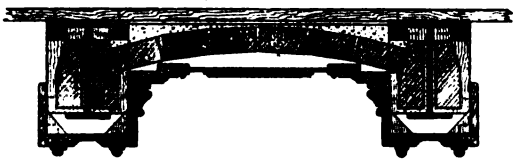
[108]) Vergl. auch: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 409.

Digitized by Google

überträgt die Verkehrslaft unmittelbar auf die Träger. Die Ausfüllung ift aus flach liegenden, porigen Steinen gebildet, welche gewölbeartig auf in die Trägerflanken gefetzten Kämpferftücken ruhen. Die Fugen find mit Kalkmörtel gefüllt.

Um die Dichtigkeit zu erhöhen, ift diefe Wölbung oben mit einer dünnen Sandfchicht abgeglichen. Die Wölbung verfpannt zugleich die Holzklötze fo, dafs fie nicht aus den Trägern fallen können. Unter der Ausfüllung ift an den Klötzen die Trägerverfchalung verfchraubt, welche auf ihrer Oberkante die in Rahmen und Ausfüllung gearbeitete Deckentäfelung trägt.

Fig. 159.



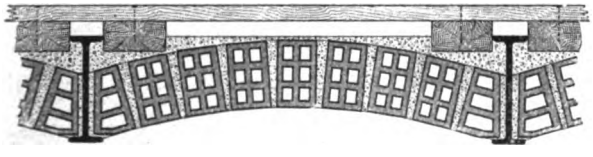
Da das Gewicht der porigen Steine bis auf 1000 kg für 1 cbm finkt, fo hat diefe im Aeufseren reiche, trotzdem nur wenig Höhe einnehmende Decke ein fehr geringes Gewicht. Sie geftattet jedoch keine fehr weite Trägerteilung, da der unterftützte Fufsboden bei grofser Weite der Fache und gewöhnlicher Stärke zu grofse Durchbiegungen annehmen würde. Die gewöhnliche Trägerteilung ift auch hier 75 cm.

Wird diefe 1/4 Stein ftarke Wölbung aus gut gebrannten, porigen oder Lochfteinen in Zement- oder verlängertem Zementmörtel ausgeführt, fo kann man fie den in Wohnräumen gewöhnlich vorkommenden Laften unbedenklich ausfetzen, alfo den Fufsboden auf die Kappen wirklich auflagern.

80. Zackengewölbe.

Eine befondere Abart diefer Wölbung bildet das Zackengewölbe[109]), welches bei geringer Weite aus gewöhnlichen Mauerziegeln, bei gröfseren Weiten aus Wölbziegeln hergeftellt werden foll, und zwar erfolgt die Wölbung in *Moller*'fcher Art auf einer Holzlehre, welche der durch Vorfpringen der Steinkanten zackig gebildeten Unterfläche entfprechend ausgefchnitten ift. Der Bogen erhält, nahezu wie ein fcheitrechter geformt, fehr geringen Pfeil. Die zur Aufnahme des Putzes rauh geformte Unterfläche und der geringe Pfeil werden als befondere Vorteile gerühmt; jedoch erzeugt letzterer ftarken Schub; erftere ruft ungleichmäfsige und ungewöhnliche Stärke des Putzes hervor. Diefe Konftruktion ift einer fehr flachen Auswölbung in keinem wefentlichen Punkte überlegen.

Fig. 160.



81. Wölbung mit Lochfteinen.

Die Auswölbung mit Lochfteinen (Fig. 160) wird wie die mit Vollfteinen ausgeführt, wobei der Kämpfer entweder in Mörtel oder, da die Lochfteine[110]) kein Zuhauen geftatten, in entfprechenden Formfteinen anzulegen ift. Die Bemeffung der Kappen kann wie bei Verwendung von Vollfteinen erfolgen, da die Tragfähigkeit von der der vollen Kappen nicht erheblich verfchieden ift[111]).

Nach franzöfifchen Verfuchen[112]) kann eine derartige Kappe bei 4 m Weite, 0,11 m Stärke und 1/10 Pfeil unbedenklich mit 1000 kg auf 1 qm belaftet werden. In der allgemeinen Anordnung auch des Fufsbodens weicht diefe Konftruktion von der mit Vollfteinen nicht ab. Fig. 160 zeigt insbefondere einen hölzernen Fufsboden,

[109]) Siehe: Bautechniker 1884, S. 173 (Patent *Schober*).

[110]) Ueber die Feftigkeit der Lochfteine fiehe Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte (Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 2: Thonerzeugniffe diefes »Handbuches«.

[111]) Eine einfchlägige Konftruktion vom *Lycée Janfon de Sailly* zu Paris, bei welcher die 26 cm hohen I-Träger paarweife gelegt find, die lichte Weite der Kappen 1,90 m, die Pfeilhöhe 16 cm, die Wölbdicke im Scheitel 8 cm und jene am Kämpfer 11 cm beträgt, ift befchrieben in: *Le génie civil* 1885, Bd. VII, S. 19.

[112]) Siehe: *Annales induftr.*, Bd. 7 (1883), S. 135.

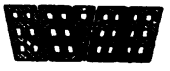
Digitized by Google

welcher wegen der geringen Trägerhöhe nicht unmittelbar auf der Ueberfüllung des Bogens ruht. Wegen des geringen Gewichtes der Hohlziegel von etwa 1200 kg für 1 cbm können die Träger dieſer Decken nicht unerheblich leichter ſein, als diejenigen der Wölbungen aus Vollſteinen.

82. Scheitrechte Bogen.

Auch ſcheitrechte Bogen[118]) werden für den Zweck verwendet, bei denen man die Kämpfer- und Schlufsſtücke aus vollen Steinen haut oder aus Mörtel bildet. Fig. 172 zeigt einen ſolchen aus Lochſteinen mit lotrechten Fugen. Zur Erzielung des üblichen Fugenſchnittes werden auch rhomboidiſche Lochſteine mit dreieckigen Kämpfer- und Schlufsſtücken nach Fig. 161 verwendet.

Fig. 161.

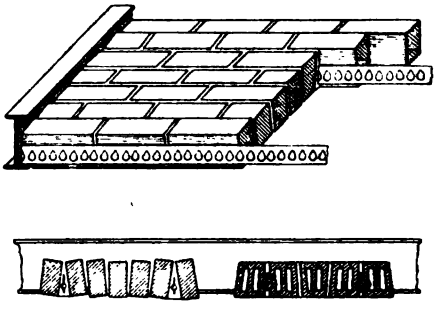


Die verhältnismäſsig hohe Tragfähigkeit ſolcher Kappen aus Lochſteinen folgt einerſeits aus dem Umſtande, daſs die Tragfähigkeit gemauerter Körper viel mehr von derjenigen des Mörtels und von der Verbindung des Mörtels mit den Steinen abhängt, als von der Feſtigkeit der Steine an ſich, andererſeits daraus, daſs die Lochſteine in der Regel mehr durchgearbeiteten, daher gleichmäſsigeren und ſtärker gepreſsten Thon und in den dünneren Körpern gleichmäſsigeren Brand aufweiſen als die Vollſteine.

83. *Sümmermann's* Gewölbeträger.

Ein Mittelding zwiſchen Auswölbung mit Voll-, Loch- oder Leichtſteinen und reiner Plattenbildung aus ſolchen bildet die *Sümmermann*'ſche Decke, die aber als »Gewölbeträgerdecke«[114]) hier mit angeführt werden muſs. Zwiſchen die Balken werden nach Herſtellung einer ebenen Schalung unter dieſen je nach der verlangten Tragfähigkeit in Abſtänden von 25 bis 40 cm nach Fig. 162 »Wellblechſchienen« (Fig. 163) zugleich mit den durch Unterlegen von Holzleiſtchen in die Geſtalt eines ſcheitrechten Bogens von drei bis fünf Schichten gebrachten Querreihen der Steine eingelegt, die beim Vermauern ſorgfältig mit Mörtel eingehüllt werden. Dieſe wechſelſeitig mit eingepreſsten Buckeln verſehenen, gewöhnlich 2×60 mm ſtarken »Wellblechſchienen« bilden mit den ſchräg anlaufenden Buckeln und dem an dieſen Buckeln haftenden Mörtelſtreifen der Kämpferfugen die Widerlager der einzelnen kleinen ſcheitrechten Kappen. Die ſchräge Stellung der einzelnen Steinreihen verhindert ihr Herausrutſchen nach unten; deshalb iſt das Ausrüſten dieſer Fachausfüllungen unmittelbar nach der Herſtellung ſtatthaft. Die zackige Unterfläche befördert das Anbinden des Deckenputzes; doch treten nicht die weitgehenden Ungleichmäſsigkeiten in der Dicke des Putzmörtels auf, wie beim Zackengewölbe (ſiehe Art. 80, S. 89). Werden die letzten Steine an den Trägern unten etwas ausgeklinkt, ſo kann man die Steinunterfläche ſo tief legen, daſs der Putz unter den Trägern ſchlicht hingezogen werden kann, zu welchem Zwecke der Unterflanſch in ein den Mörtel anheftendes Drahtnetz gehüllt wird. Der rechtsſeitige Querſchnitt in Fig. 162 zeigt die gleichartige Konſtruktion einer wirklich

Fig. 162.



113) Siehe: Triumphdecke von *Pulda*. Deutſche Bauhütte 1900, S. 238.

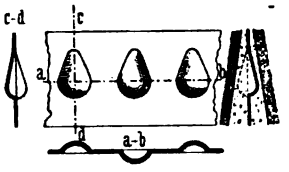
114) Patent *F. J. Schürmann*, Münſter i. W. 80653, jetzt an *J. F. Kleine & A. Stapff* verkauft; wir kommen hierauf unter b, 4, β bei den Steinplatten mit Eiſeneinlagen (Fig. 356) zurück. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 38, 39. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 46. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006.

Digitized by Google

ſcheitrechten Decke aus Lochſteinen. Da die Wellblechſchienen die für »Gewölbeträger« der Aufnahme des Schubes wegen nötige ſeitliche Widerſtandsfähigkeit nicht beſitzen, ſo iſt man in dieſer Beziehung auf den Gegenſchub der Nachbarkappen angewieſen, deſſen Aufnahme ſchlieſslich am Fachende durch die Mauern oder ſonſtige Widerlagskörper erfolgen muſs. Dieſe Leiſtung der Nachbarkappen iſt bei dem flachen Pfeile leicht zu erzielen.

Da nun aber das Ganze im Verband in Mörtel verſetzt wird, ſo tritt die Wirkung einer in jeder dritten bis fünften Fuge mit einem Eiſenbande verſehenen Mauerwerksplatte von der Fachbreite als Spannweite um ſo mehr auf, je mehr man die Aufnahme der Schubwirkung von Kappe zu Kappe und im äuſseren Kämpfer der letzten Kappe unmöglich macht. Wegen dieſer Wirkung wird es nötig ſein, unter b, 4, β nochmals auf dieſe Konſtruktion zurückzukommen, um ſie dort mit anderen Bauweiſen zu vergleichen, die ausſchlieſslich auf der Tragwirkung einer Mauerwerksplatte mit Eiſeneinlagen beruhen.

Fig. 163.



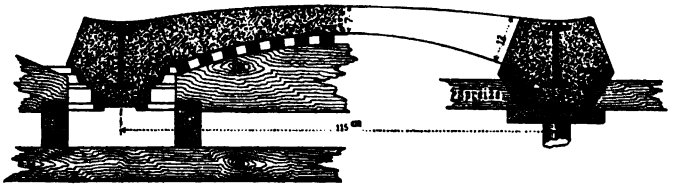
Werden die Steinreihen durch Ausklinken unter die Träger geſenkt, ſo werden dann die auf den Trägerflanſchen ruhenden »Wellblechſchienen« von ſelbſt auch von unten in den Mörtel gehüllt. Legt man die Steine glatt auf die Unterflanſche der Träger, ſo wird man die »Wellblechſchienen« höher einbetten müſſen, um ſie ganz einzuhüllen; ſie ruhen dann ſtatt auf den Trägern auf dem Mörtel.

Die Tragfähigkeit dieſer mehrfach verwendeten Decke genügt den Anforderungen gewöhnlicher Wohn- und Betriebsräume reichlich. Unter beſonders ſchweren Laſten wird ſie jedoch beſſer nicht verwendet.

84. Einrüſtungen der Balkenfache.

Wie die Fache der meiſten in der Folge zu beſprechenden Decken erfordern diejenigen der auszuwölbenden Decken eine vollſtändige Einrüſtung. Stellt man dieſe durch Holzeinrüſtung von unten her, wie es bezüglich der unmittelbaren Stützung der Kappen — hier aus Beton — in Fig. 164 dargeſtellt iſt, ſo wird die Rüſtung nicht allein zeitraubend und teuer, ſondern ſie ſtört auch faſt alle anderen Arbeiten im unterliegenden Raume. Seit Einführung der eiſernen Balken iſt daher das Beſtreben erkennbar, die Balken ſelbſt als Rüſtträger zu benutzen, indem man ſie zur Aufnahme leichter und leicht zu beſeitigender Hängebügel benutzt, die ihrerſeits die Einrüſtung der Balkenfache tragen.

Fig. 164.



Solcher Hängerüſtungen giebt es bereits eine groſse Zahl. Wenn ſie auch in den dargeſtellten Ausbildungen zum Teil für andere Deckenarten beſtimmt ſind oder ſein können, ſo ſollen ſie des Zuſammenhanges wegen ſchon hier gemeinſam beſprochen werden. Bei ſpäter vorzuführenden Beiſpielen der Verwendung wird dann auf dieſe Stelle verwieſen.

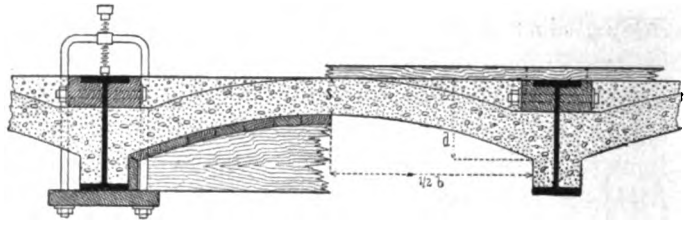
Fig. 165 zeigt einen zweiarmigen Rundeiſenbügel, der mittels Druckſchraube im oberen Schluſſe leicht in die verlangte Höhe einzuſtellen iſt; unten trägt er mittels zweier Muttern eine Bohle, die, ſeitlich über den unteren Trägerflanſch vorragend, die Lehrbretter der Facheinrüſtung tragen. Sind nachher die Muttern, die

Digitized by Google

auch durch Splinte erſetzt werden können, unten gelöſt, ſo kann man die ganze Einrüſtung wegnehmen, die Bügel nach oben herausziehen und die verbliebenen kleinen Löcher mit Mörtel füllen.

Fig. 166 eignet ſich bei ſonſt ähnlicher Anordnung für Wölbung in Steinen beſſer, weil die rechtwinkelig zu den Trägern ſtehenden Flacheiſen in den Fugen leichter unterzubringen ſind. Zum Löſen dieſer Rüſtung ſchlägt man unten die Splinte los, zieht das Quereiſen heraus, löſt oben die beiden Stifte in den Bügelecken, nimmt den oberen Schluſs ab und zieht die Flacheiſen nach unten aus der Decke. Die Höheneinſtellung muſs hier durch entſprechende Wahl der Höhen der von den Bügeln getragenen Rüſthölzer bewirkt werden.

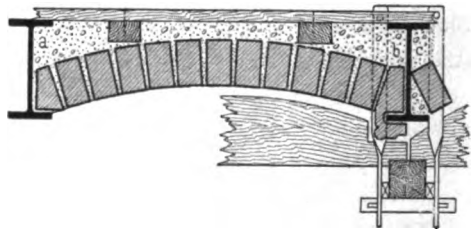
Fig. 165.



Gleichartig iſt auch der Rüſtbügel von *Mirus* in Köln aus Flacheiſen [115]) gebildet.

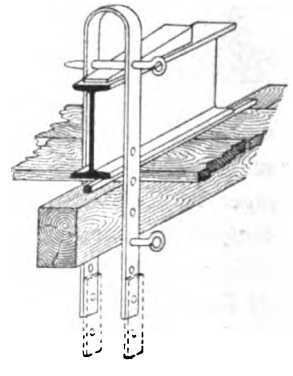
Einen weiteren ähnlichen einſtellbaren Rüſtbügel zeigt Fig. 167 [116]), deſſen Konſtruktion aus der Abbildung genügend klar hervorgeht; er iſt vornehmlich zum Anhängen an I-Balken beſtimmt. Dieſer Bügel kann nur nach oben herausgezogen werden, nachdem die Rüſtung unten beſeitigt iſt.

Fig. 166.



Einen ganz beſonders einfachen Rüſthaken giebt *J. Hillbrecht* in Huſum [117]) an. Dieſer beſteht aus einem unten zu einem Haken zweimal um 90 Grad umgebogenen Rundeiſen, an deſſen oberes Ende auf gröſsere Länge ein Gewinde angeſchnitten iſt. Der Haken wird ſo weit gebogen, daſs man zwei gewöhnliche Rüſtdielen bequem aufrecht nebeneinander hineinſtellen kann. Einen zweiten Teil bildet eine ſtarke, rechteckige Blechplatte, welche an einer Kante umgekrempt iſt, ſo daſs man ſie mit der Krempe um eine obere Flanſchkante haken kann, während ſie ſonſt auf der oberen Gurtung eines Trägers ruht. In der Mitte der der Krempe gegenüberliegenden Kante hat die Platte einen tiefen Ausſchnitt, deſſen Breite etwas gröſser iſt als der äuſsere Durchmeſſer des Hakengewindes. Die ausgeſchnittene Kante der Krempenplatte ragt noch erheblich über die Kante des breiteſten Trägers weg. Man ſchiebt nun den Haken von auſsen in den Schlitz der auf den Träger gehakten Krempenplatte, bis er an die Flanſchkante des Trägers ſtöſst, und dreht dann von oben eine mit langem Handbügel verſehene Mutter ſo an, daſs, wenn ſie oben auf der Krempenplatte ruht, unten der Haken in derjenigen Höhe ſteht, die nötig

Fig. 167.



115) D. R.-G.-M. 117236. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 192.

116) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 39.

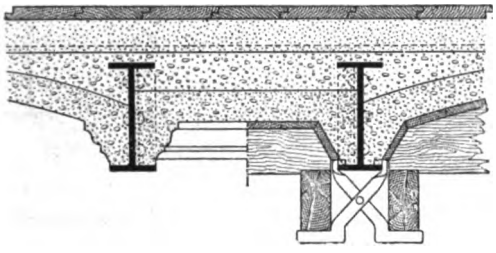
117) D. R.-G.-M. 109638. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1899, S. 639. — Preis bis 20 cm Trägerhöhe 0,90 Mark.

Digitized by Google

iſt, um die eingelegten Rüſtbohlen in die richtige Höhenlage zur Unterſtützung der Schalung zu bringen. Da man den Haken beliebig drehen kann, ſo ſind die von ihm getragenen Rüſtbohlen ſowohl parallel, als auch quer zu den Trägern einzubringen; der Rüſthaken trägt alſo Längsſchalung ebenſo gut wie Querſchalung.

Nach Fertigſtellung der Decke löſt man oben die Mutter, dann kann man den Haken nach unten herausziehen und oben die Krempenplatte abnehmen.

Fig. 168.

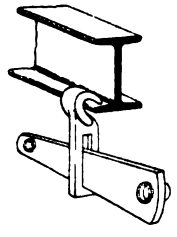


Daſs man mit dieſem Haken auch Lehren für gewölbte und vertiefte Balkenfache ſtützen kann, liegt auf der Hand.

Dieſer Rüſthaken dürfte von allen Mitteln zur Einrüſtung das einfachſte ſein.

Bei allen bisher beſchriebenen Rüſtbügeln wird die Decke ſelbſt durchdrungen, ſo daſs ſie beim Löſen, wenn auch wenig, doch immerhin verletzt wird und geflickt werden muſs. Dieſen Uebelſtand mindert die Rüſtſchere von *K. Michael* in Zwickau (Fig. 168[118]), welche lediglich die unteren Flanſchkanten in Anſpruch nimmt und ſich um ſo feſter klemmt, je ſchwerer ſie belaſtet wird. Bei ihr kann jedoch die richtige Höhenlage wieder nur durch entſprechende Wahl der Stärke der Rüſthölzer erzielt werden.

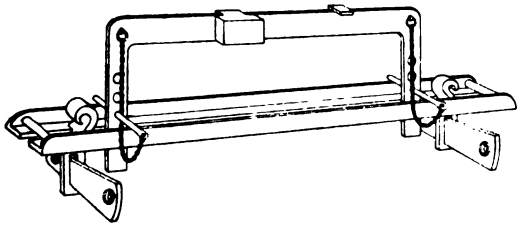
Fig. 169.



Die Einſtellbarkeit der Höhe nach wird auch bei ausſchlieſslicher Benutzung der unteren Flanſchkanten bis zu gewiſſem Grade durch *Lindemann*'s Traghaken (Fig. 169[119]) erreicht, der, unten mit einem langen Schlitze und einem Keile ſtarken Anzuges ausgeſtattet, erhebliche Aenderung der Höhenlage der auf dem Keile ruhenden Hölzer geſtattet. Mit dieſem Haken iſt unmittelbar nur die Lagerung von Querhölzern möglich; will man ein Rüſtholz parallel zum Träger lagern, ſo muſs man zwei Haken mit einem Querſtücke auf den Keilen verwenden.

Dieſe Bügel dienen alle nur zum Stützen einer Einrüſtung der Balkenfache, geben ſelbſt aber keine Rüſtung. Eine Reihe neuerer Konſtruktionen bezweckt gleichzeitig mit dem Anhängen an den unteren Trägerflanſch die Bildung von Lehrbogen, welche die Schalung tragen und entſprechend der Balkenfachbreite länger und kürzer gemacht, zum Teile auch für vertiefte Felder auf verſchiedene Höhe gegen die Träger eingeſtellt werden können.

Fig. 170.



Lindemann's Rüſtbügel (Fig. 170[117]) wird mit den eben beſprochenen, auch ſelbſtändig verwendbaren Traghaken unter die Trägerflanſche gehängt, ſo daſs man ihn mittels dieſer Haken der Höhe nach ſchon bis zu einem gewiſſen Grade einſtellen kann.

Liegt die Decke unter den Balken, ſo wird ſie von auf die Trageiſen gelegten Brettern unmittelbar getragen. Bringt man dabei die Traghaken in eine Bretter-

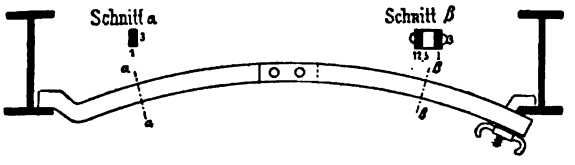
118) Siehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 597.

119) D. R.-G.-M. 45879. — Siehe auch: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 38. — Bezugsort Hannover.

Digitized by Google

fuge, ſo fällt das Ausſchneiden der Bretter weg. Sollen vertiefte Balkenfache mit ebener Decke hergeſtellt werden, ſo ſetzt man nach Fig. 170 aus Bandeiſen hergeſtellte, rechteckige Bügel mittels zweier Einſteckſtifte in der verlangten Höhenlage auf die Trageiſen; dieſe Bügel beſtehen aus zwei gegeneinander auf erhebliche Länge ausziehbaren Hälften, ſo daſs Balkenfache verſchiedener Weiten gedeckt ſind. Für die hier behandelten, bogenförmig zu begrenzenden Balkenfache ſtellt man entſprechend geſchnittene Bohlenſtücke aufrecht in die Trageiſen. Die Trageiſen werden bis 2,20 m Länge in drei Stufen geliefert. Die längſten wiegen 9 kg und koſten 3,30 Mark.

Fig. 171.

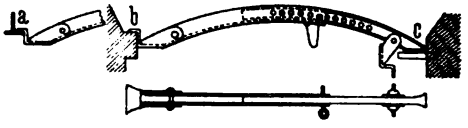


Ausſchlieſslich für gekrümmte Fache beſtimmten Krümmungshalbmeſſers iſt der Rüſtträger von *Spaniol* in Schiffweiler eingerichtet (Fig. 171 [120]).

Er iſt beſonders einfach, da er Hängerüſtung und Bogen in einen Körper aus Bandeiſen vereinigt. Der Eiſenbügel iſt am einen Ende einfach, am anderen doppelt, an erſterem zur Lagerung auf die untere Gurtung gekröpft und am anderen mittels im doppelten Flacheiſen verſchieblicher Flügelſchraube leicht zu befeſtigen. Da die Flügelſchraube im Schlitze gleiten kann, ſo ſind nicht allzuſehr verſchiedene Weiten mit demſelben Bügel einzurüſten. Die Eiſenbügel nehmen unmittelbar die Schallatten auf. Selbſtverſtändlich können dieſe Bügel auch ſo geformt werden, daſs ſie für vertiefte Felder, wie in Fig. 168 paſſen [121]).

Einen weiteren verſtellbaren Lehrbogen von *Zimmermann* [122]) zeigt Fig. 172. Eine kreisförmig gebogene Schiene mit einer Reihe von Löchern läuft in einer entſprechend gelochten, unten geſchloſſenen Kaſtenſchiene und wird mittels Durchſteckſtiftes gegen dieſe feſtgeſtellt; der Durchſteckſtift hängt an einem Kettchen. An beiden Enden ſind um einen Gelenkbolzen drehbar Lagerſchuhe angebracht, welche hochgeklappt das Aufhängen auf einen Trägerflanſch (*a* in Fig. 172) oder auf die Kante einer vorſpringenden Steinſchicht (*b* in Fig. 172) ermöglichen. Soll der Lehrbogen dagegen vor einer glatten Wandfläche auf einen in eine Fuge getriebenen Dollen gelagert werden, ſo wird der Schuh niedergeklappt (*c* in Fig. 172).

Fig. 172.



85. Aufnahme des Kappenſchubes.

Dieſe zwiſchen die eiſernen Träger eingeſetzten Wölbungen üben nun einen beträchtlichen Seitenſchub auf die Träger aus, welcher für die an beiden Seiten Gewölbe aufnehmenden Träger bei voller Belaſtung allerdings ganz, bei Belaſtung nur eines der anſchlieſsenden Gewölbe jedoch nach Maſsgabe des in Kap. 8 Vorzuführenden nur zum Teile zur Ausgleichung gelangt. Die Träger werden ſomit nicht bloſs lotrecht, ſondern auch wagrecht belaſtet, und da ſie in der üblichen ſchmalen I-Form gegen die letztere Art der Beanſpruchung nur wenig Steifigkeit beſitzen, ſo wird es in vielen Fällen nötig, dieſe Schübe durch Anker aus Rundeiſen oder ſonſtigen Zugverbindungen völlig aufzuheben, wobei dann für die freie Trägerlänge zwiſchen den Ankern eine geringe Biegungsbeanſpruchung in wagrechtem Sinne übrig bleibt.

---

120) Siehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 597.

121) Vergl. ſonſt auch den Bogen von *Rilling* (D. R.-P. Nr. 3970), für verſchiedene Weiten und Pfeile, auch für ebene Platten unverändert verwendbar — ſowie: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 201.

122) *Zimmermann*, Maſchinenfabrik in Köln-Ehrenfeld. — D. R.-G.-M. 76753. — Siehe auch: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 71.

Digitized by Google

Für derartige Anordnungen ſind daher ſolche Trägerquerſchnitte beſonders zweckmäſsig, welche auch in ſeitlicher Richtung, d. h. für die lotrechte Mittelachſe berechnet, ein groſses Widerſtandsmoment beſitzen. Die Formeiſen des »Deutſchen Normalprofilbuches« ſind leider in dieſer Beziehung beſonders ſchwach; eine gröſsere Steifigkeit haben viele ältere I-Eiſen einzelner Walzwerke. Solche Träger ſind die in Fig. 152, 153 u. 154 dargeſtellten Patentträger von *Gocht* und von *Klette*, auch der zuſammengeſetzte von *Lindſay* (Fig. 439 [123]). Wie Fig. 154 rechts zeigt, ergiebt namentlich der *Klette*'ſche Träger eine gute Kämpferanlage; ähnlich ſind auch die Verhältniſſe beim Träger von *Lindſay*. Auch das enge Zuſammenlegen je zweier gut miteinander verbundener Träger bildet ein gutes Mittel, um für weit geſpannte Kappen groſse Seitenſteifigkeit der Träger zu erzielen (z. B. wie in Fig. 168). Hier bilden die beiden in engem Abſtande liegenden I-Träger gewiſſermaſsen die Gurtungen eines breiten wagrechten Kämpferträgers für die anſchlieſsenden Gewölbe, deſſen Wand durch die Ausfüllung zwiſchen den Trägern gebildet wird. Um die ſo zwiſchen den Trägern und ihrer Ausfüllung entſtehenden Längsſchubkräfte aufzunehmen, iſt es zweckmäſsig, einige L-Eiſenabſchnitte innen an die Trägerſtege zu nieten (in Fig. 168 geſtrichelt).

Für die von beiden Seiten eingewölbten Träger wird die ſeitliche Beanſpruchung ſelten ſo groſs, daſs aus ihr eine unbequeme Stärke der Träger erwüchſe; im Endabſchluſſe der ganzen Balkenanlage tritt aber der Schub des letzten Gewölbes frei auf, ohne einen Gegenſchub zu finden; hier muſs alſo ſtets eine beſondere Vorkehrung zur Aufnahme der Schübe getroffen werden. Bei ſtarken Auſsenwänden des überdeckten Raumes kann man dieſe als Widerlager des letzten Gewölbes benutzen. Einerſeits iſt jedoch die Wandſtärke, namentlich bei hoher Lage der Decke, nur in ſeltenen Fällen zur Aufnahme wagrechter Kräfte genügend; andererſeits hat es Bedenken, die übrigens ganz auf dem beweglichen Trägerroſte ruhende Decke mit der unbeweglichen Wand in feſte Verbindung zu bringen. Es wird daher in den meiſten Fällen entlang der Abſchluſswand noch ein Träger zu legen ſein, der nun dem vollen Seitenſchube ausgeſetzt wird und daher der Verankerung bedarf. Stellt man zu dieſem Zwecke mittels feſt angezogener Bolzenanker eine das letzte Gewölbe umfaſſende Verbindung des vorletzten mit dem letzten Träger her, ſo kann man den ſo entſtandenen Körper als einen wagrecht liegenden Träger anſehen, deſſen äuſsere Gurtung vom letzten, deſſen innere Gurtung vom vorletzten und deſſen Wand von der letzten Kappe, in Verbindung mit den Zugankern, gebildet wird; dieſer wagrechte Träger muſs nun im ſtande ſein, den vollen Schub der vorletzten Kappe auf die freie Länge des überdeckten Raumes zu tragen. Auch hier wird es unter Umſtänden nötig werden, für die Aufnahme der Längsſchubkräfte zwiſchen den beiden letzten Trägern und der von ihnen getragenen, als Trägerwand wirkenden Kappe Verſchiebungen verhindernde L-Eiſenabſchnitte innen an die Trägerſtege zu nieten, wie in Fig. 168.

Die beiden letzten Träger werden ſonach bei voller Belaſtung der beiden letzten Kappen am ungünſtigſten, und zwar in dreierlei Weiſe beanſprucht:

a) Als Träger auf zwei Stützen von der Breite des überdeckten Raumes in lotrechtem Sinne durch die volle Laſt der Kappen; dieſe Beanſpruchung fällt für den letzten Träger weg, wenn man ihn in die Mauer oder auf einen Mauerabſatz lagern kann, wie es in Fig. 173, allerdings für eine Betonwölbung, dargeſtellt iſt.

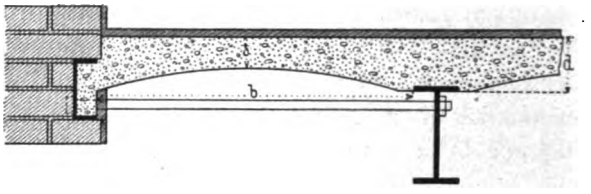
---

[123]) Siehe: *Engineer*, Bd. 64 (1887), S. 289.

Digitized by Google

b) Der letzte Träger an der Wand als durchlaufender Träger, deſſen Oeffnungsweite gleich der Ankerteilung iſt, in wagrechtem Sinne durch den von den Ankerzügen als Stützendrücken aufzuhebenden Schub der belaſteten letzten Kappe; dieſe Beanſpruchung fällt für den vorletzten Träger aus, weil ſich an ihm die Schübe von beiden Seiten her ausgleichen.

Fig. 173.



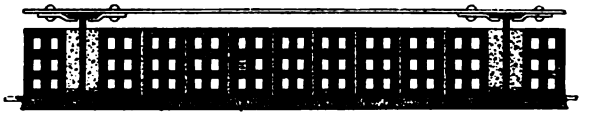
c) Als Gurtungen eines Trägers, deſſen Höhe gleich der Trägerteilung iſt, in wagrechtem Sinne durch den vollen Schub der belaſteten vorletzten Kappe.

Auf dieſer Grundlage wird in Kap. 8 die Bemeſſung derartiger Decken vorgenommen werden.

Will man die Kappenſchübe unmittelbar in jeder Kappe aufheben, ſo iſt die in Fig. 174 u. 175 für eine andere Fachausfüllung dargeſtellte Anordnung von Flacheiſen zu empfehlen, da die Lochung aller Träger für Rundeiſenanker höchſt unbequem iſt.

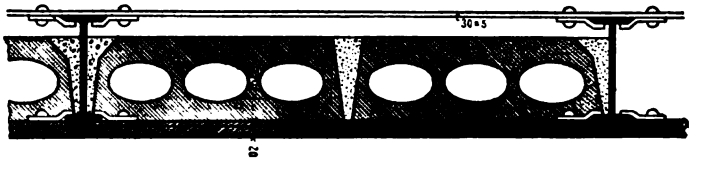
Da jedoch das untere der dargeſtellten Bandeiſen unter dem Gewölbe ſichtbar liegen, ſomit das Ausſehen ſtören und bei geringem Feuer alle Tragfähigkeit verlieren würde, ſo wird man ſich bei gewölbten Fachen in der Regel auf das obere Flacheiſen beſchränken müſſen, durch das aber gegenüber dem tiefer angreifenden Schube nur eine mangelhafte Wirkung und das Beſtreben erzielt wird, die Träger um ihre Längsachſe zu drehen.

Fig. 174.



In der Regel werden deshalb durch Löcher der Trägerſtege gezogene Rundeiſenanker vorgezogen, die, wenn ſie wirklich die Schübe jedes Feldes in dieſem aufheben ſollen, in zwei benachbarten Feldern wagrecht ſo weit gegeneinander verſetzt ſein müſſen, daſs jeder an jedem Ende eine Mutter oder einen Splint erhalten kann. Feſte Köpfe ſind an ſolchen Ankern unbequem, da ſie das unbequeme Durchſtecken des Ankers von einer Seite her durch beide Träger des Faches bedingen. Ganz durchlaufende Anker, welche nur die beiden letzten Träger der Lage faſſen, durch alle anderen verſchieblich hindurchgeſteckt ſind (Fig. 184), ſind zwar einfacher, heben aber die Schübe erſt zwiſchen den letzten Trägern auf. Iſt dann z. B. das mittelſte Fach der Lage belaſtet, ſo muſs der Schub erſt durch alle unbelaſteten Kappen zu den letzten Trägern wandern, um hier erſt durch die Anker aufgehoben zu werden. Die groſse Länge der Anker führt dabei durch das beträchtliche Reckungsmaſs eine vergleichsweiſe groſse Nachgiebigkeit der letzten Träger herbei, alſo Bewegungen in den Fachwölbungen, die ſehr unerwünſcht ſind.

Fig. 175.



Mittels durchlaufender Anker kann man die Ausgleichung der Schübe in jedem Felde nur erreichen, wenn man jedem Anker auf jeder Seite jedes Trägerſteges das erforderliche Befeſtigungsmittel, Mutter oder Splint, giebt, eine Anordnung, die bei der Herſtellung, wie beim Einbauen zu erheblichen Schwierigkeiten führt.

Digitized by Google

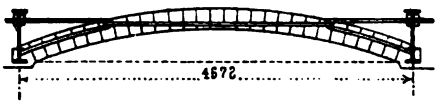
Die erſte der Konſtruktionen beſonderer Anker in jedem Felde iſt die verläſslichſte und einfachſte; es verdient aber nochmals betont zu werden, daſs es nach obigem meiſt genügt, ſolche Anker in den beiden letzten Balkenfachen anzubringen.

Dieſe Rundeiſenanker wirken am günſtigſten, wenn ſie in Höhe der Mitte der Kämpferfuge der Kappe eingezogen werden, da die Träger dann das geringſte Beſtreben haben, ſich um ihre Längsachſe zu drehen.

Da man die Anker aber meiſt dem Auge und dem Feuer zu entziehen wünſcht, ſo werden ſie häufiger, als an der bezeichneten Stelle, oberhalb des Scheitels der inneren Laibung angebracht, um ſie ganz in das Gewölbemauerwerk und ſeine Hinterfüllung einbetten zu können. Sie faſſen nun aber die Träger oberhalb des Angriffspunktes des Kappenſchubes, ſo daſs dieſe das Beſtreben erhalten, ſich mit dem Kopfe nach der ſtärker belaſteten Kappe hin um ihre Längsachſe zu verdrehen. Die Wölbſteine müſſen für das Durchführen des Rundankers behauen werden, ſoweit er nicht in Fugen unterzubringen iſt.

Wohl in der Abſicht, der verdrehenden Wirkung auf die Träger zu begegnen, werden ſolche Anker oft nach Fig. 176 ausgebildet, wie es auch z. B. in Fig. 157 u. 158 von *Guaſtavino* geſchehen iſt. Dabei iſt ſehr unbequem, daſs man die Anker auf die ganze Länge in das Gewölbemauerwerk einbetten muſs; wenn man ſich dieſe Mühe macht, ſo geſchieht dies wohl in dem Gedanken, die Träger dadurch am Verdrehen zu hindern, daſs man ſie oben und unten faſst. Dieſes Ziel wird aber nur erreicht, wenn man die Dreiecke, in die ſich der Anker an beiden Enden auflöſt, entſprechend ungleichſeitig macht und den Anker in der Spitze angreifen läſst. Dies iſt aber ſelten möglich, weil der Anker dabei wieder ſichtbar unter dem Gewölbeſcheitel liegen würde. Je mehr man das Dreieck dem rechtwinkeligen nähert, deſto weniger wirkt die längere Seite, und in dem rechtwinkeligen Dreiecke von Fig. 157, 158 u. 176 wirkt die ſchräge Seite gar nicht mehr; die Verankerung wäre ebenſo wirkſam, wenn man den oberen geraden Anker allein einzöge, wodurch ſie einfacher in der Ausführung würde. Das Beſtreben der Träger, ſich zu drehen, wird durch die rechtwinkeligen Dreiecke doch nicht aufgehoben. Wollte man den Träger wirkſam auch unten faſſen, ſo müſste man die Anker biegungsfeſt, etwa als Blechträger oder als Blechwände von der vollen Höhe der Tragbalken ausbilden, deren untere Begrenzung der verlangten Kappenform angepaſst wäre, und dieſe Trägeranker hätte man in voller Höhe mit den Trägerſtegen zu vernieten oder zu verbolzen. Dadurch wird die Verankerung aber ſchwerfällig und teuer; auch zerſchneiden ſolche ſteife Anker die Kappe in unerwünſchter Weiſe[124]).

Fig. 176.



2) Wölbung aus dünnwandigen Hohlkaſten.

86. Einführung der Hohlkaſten.

Wie die nachfolgenden Beiſpiele zeigen werden, iſt der Gedanke, die Vorteile der gewöhnlichen Lochſteine durch Herſtellung groſser, dünnwandiger Stücke mit groſsen Hohlräumen, aus Thon gebrannt oder aus Mörtel gegoſſen, bereits alt. In groſsem Maſsſtabe iſt dieſe Bauweiſe jedoch erſt in der Neuzeit in Aufnahme gekommen; den nordamerikaniſchen Ziegeleien muſs das Verdienſt gelaſſen werden,

[124]) Vergl. hierzu Teil III, Band 1, 3. Aufl. (Art. 281, S. 201) dieſes »Handbuches«.

Digitized by Google

den Gedanken, der viel früher in Deutſchland und Frankreich aufgetaucht und auch veröffentlicht war, zur Verwendung und Weiterentwickelung gebracht zu haben.

Unter den gewölbten Fachausfüllungen dieſer Art werden wir auch diejenigen beſprechen, deren Wölbung ſcheitrecht iſt, ſofern ſie nur überhaupt einen Schub auf die ſtützenden Träger auszuüben vermögen.

Fig. 177.

87. *Scherrer's* Hohlkaſten.

Als jedenfalls eine der älteſten Formen iſt hier wieder der bereits zu Fig. 79 (S. 53) beſchriebene Hohlkaſten von *Scherrer* (Fig. 177[125]) anzuführen, welcher 1855 für Holzbalken, daher für geringe Fachweiten vorgeſchlagen, in faſt gleicher Geſtalt auch für Eiſenbalken verwendbar iſt. Er ergiebt eine wagrechte Steinunterfläche, die, abgeſehen von den Balkenflächen, unmittelbar geputzt werden kann.

88. *Wingen's* Hohlkaſten.

Eine regelrechte Wölbung mit unteren Anſätzen an den Steinen zur Erzielung ebener Unterfläche unter dem Bogen zeigt die Decke von *Wingen* (Fig. 178[126]), die trotz Verlaufes längerer Zeit ſeit dem Bekanntwerden ihrer verwickelten Form wegen wenig Verbreitung fand. Der darin vertretene Gedanke iſt jedoch ſpäter vielfach aufgenommen und weiter entwickelt.

Fig. 178.

89. Neuere deutſche Hohlkaſten.

Eine neuere Form deutſchen Urſprunges mit den zu ihr gehörigen Kämpferſtücken zur Deckung der unteren Trägerflanſche und zur Erzielung einer zum Putzen geeigneten, ebenen, aber rauhen Steinfläche zeigen Fig. 179 u. 180[127]). Bei dieſen nur etwa 50 kg für 1 qm wiegenden Fachausfüllungen iſt Bedacht auf die Deckung möglichſt verſchiedener und möglichſt groſser Weiten genommen. Die Tragfähigkeit ſolcher Fachausfüllungen gewöhnlicher Weite wird mit 2000 kg für 1 qm angegeben.

Fig. 179.

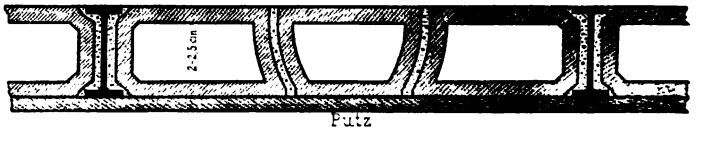
Fig. 180.

90. *Laporte's* Hohlkaſten.

In Frankreich ſind derartige Formen gleichfalls früh entſtanden, unter denen die von *Laporte* eine bedeutende Rolle in der Verwendung geſpielt haben.

Die Formſtücke *Laporte's* (Fig. 181 u. 182[128]) werden für Trägerteilungen von 65, 70 und 75 cm, ſowie für Trägerhöhen von 12 bis 22 cm von der *Société anonyme de la Grande Tuilerie de Bourgogne* zu Montchanin-les-Mines in der Weiſe hergeſtellt, daſs die Seitenſtücke für alle Fachweiten gleich breit, nämlich 21,5 cm in der Mitte, die Schluſsſtücke für die verſchiedenen Weiten 17,5, 22,5 und 27,5 cm breit, alle Stücke 32 cm lang geformt werden; die Wandſtärke beträgt 2,0 bis 2,5 cm. Die

Fig. 181.



[125]) Siehe: Deutſche Bauz. 1882, S. 511; 1895, S. 531.

[126]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 579. — Deutſche Bauz. 1894, S. 217; 1895, S. 572, 583. — D. R.-P. 70873.

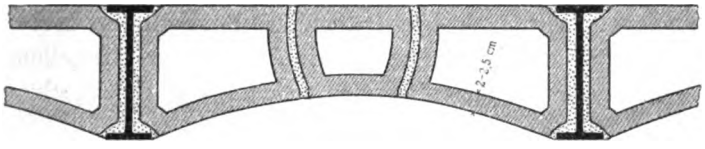
[127]) Erzeugt von: *H. Breuning* in Stuttgart; *T. Sponagel*, Induſtriequartier Zürich; Aktiengeſellſchaft Dampfziegelei Waiblingen, Württemberg.

[128]) Siehe: *Annales induſtr.*, Bd 7 (1883), S. 5 ff. — Deutſche Bauz. 1886, S. 202.

Digitized by Google

Stofsfugen werden in beiden Randreihen bündig, in der mittleren um 16 cm, d. h. die halbe Stücklänge, verfetzt angeordnet. Die 1 cm weiten Fugen werden in Gips oder Zement gefetzt; auf der Unterfeite der Stücke find Längsrillen eingeformt, welche das mechanifche Anhaften des unmittelbar unter die Thonkaften (Terrakotten) zu bringenden Deckenputzes bezwecken [129]).

Fig. 182.



Ueber die Tragfähigkeit diefer offenbar dichten und für den Schall fchwer zu durchdringenden, dabei trockenen Deckenausfüllung find Verfuche vom *Conservatoire des arts et métiers*, von der *Société centrale des architectes* und des *Société nationale des architectes*, fämtlich in Paris, angeftellt, welche die nachfolgenden Ergebniffe lieferen [130]).

Auf die unten flache Decke nach Fig. 181 wurde 84 Stunden nach der Herftellung auf die halbe Breite eines Trägerfaches Eifenballaft aufgepackt. Der Bruch erfolgte bei 65 cm Trägerteilung unter 7380 kg Auflaft auf 1 qm, bei 70 cm Teilung unter 7300 kg Auflaft und bei 75 cm Teilung unter 6710 kg. Noch gröfser erwies fich die Tragfähigkeit der unten gewölbten Decke nach Fig. 182, die Kaften für 12 bis 14 cm hohe Träger brachen unter 11350 kg gleichförmiger Laft auf 1 qm, die für 14 bis 16 cm Trägerhöhe bei 15510 kg und die für 18 bis 22 cm Höhe bei 14000 kg. Es erfcheint fomit zuläffig, die Belaftung einer derartigen Decke bis zu 1500 kg auf 1 qm zu fteigern, während man für die unten ebenen Stücke etwa bis 800 kg für 1 qm gehen kann.

Diefe Deckenkonftruktion hat vor vielen der früher angegebenen in die Augen fpringende Vorzüge. Sie ift dem Bauftoffe nach an fich trocken, ficher gegen Feuersgefahr und wegen der 50 bis 60 Vomhundert des Inhaltes betragenden Hohlräume fehr leicht, dabei fchwer durchdringlich für Schall, Wärme und Feuchtigkeit. Die entftehenden weiten Hohlräume kann man fogar zu Lüftungszwecken benutzen. Naturgemäfs kann fie aber in ausgedehntem Mafse nur Anwendung finden, wenn die Herftellung der Thonkaften fo gefteigert ift, dafs diefe gängige Handelsware werden, da das Anfertigen in kleiner Zahl zu teuer werden würde. Auch dann bleibt der Preis vergleichsweife hoch.

Diefe Fachausfüllung kann ebenfowohl Eftriche, wie auch hölzerne Fufsböden auf Lagerbohlen aufnehmen; das Anbringen der letzteren bedingt dann das Einfetzen einzelner Holzdübel in die Stofsfugen der Thonkaften mittels Zement.

91. Amerikanifche Hohlkaften.

Die weiteffe Verbreitung haben diefe Thonkaften in Nordamerika gefunden, wo fie in einer grofsen Zahl verfchiedener Formen hergeftellt werden. Hier zeigt fich ganz deutlich ein durchlaufender Entwickelungsgang, der an die alten Lochfteine anfchliefst. Da die Löcher der letzteren aber in der Richtung der Lagerfugen, alfo der Kämpferträger laufen, fo erkannte man bald eine ungünftige Sachlage für die Tragfähigkeit darin, dafs die Langfeiten der Steine in den Fugen auf die ganze Fläche mittels des Mörtels belaftet, im Steine aber nur von den Verbindungsftegen mit der anderen Langfeite unterftützt, daher vor den Löchern ftark auf Biegung in Anfpruch genommen werden, wozu dünne Thon- oder Mörtelkörper um fo weniger geeignet find, als in den Ecken der Hohlräume beim Brennen trotz aller Vorficht leicht Riffe entftehen.

Zweitens ergab fich für die Lochfteinformen, wenn man fie nicht für die

---

[129]) Eine neuere franzöfifche Konftruktion aus der Schule zu Nîmes fiehe: *Nouv. annales de la conftr.* 1900, S. 68.

[130]) Nach: *Annales induftr.*, Bd. 7 (1883), S. 110, 139.

Digitized by Google

Bildung des an ſich nicht beliebten ſcheitrechten Bogens formte, der Uebelſtand der gewölbten Unterfläche, unter der eine ebene Decke nur unter Anwendung beſonderer Mittel hergeſtellt werden kann.

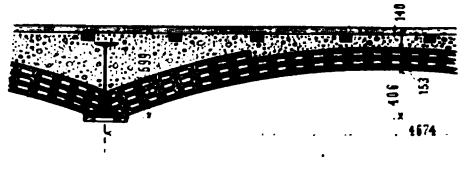
Aus dem Beſtreben, dieſe Mängel zu beſeitigen, entſtanden zunächſt Formſtücke, die zwar noch Längshohlräume in der Richtung der Balken beſitzen, in ihrer Zuſammenſetzung aber eine mehr oder weniger klar erkennbare Bogenrippe ergeben und zugleich unten an der Bogenwirkung nicht teilnehmende Anſätze zur Herſtellung der ebenen Deckenfläche haben. Viele von dieſen Formen weichen vom ſcheitrechten Bogen nur wenig ab.

Den weſentlichſten Uebelſtand der Biegungsſpannungen in den Kaſtenwänden kann man ſelbſt bei gewöhnlichen Lochſteinen beſeitigen, wenn man die Steine mit den Löchern quer zu den Balken ſtellt, da dann der ganze Querſchnitt aller Wände von Balken zu Balken in der Richtung des Gewölbedruckes durchläuft. Das Beſtreben, die Wandungen einzubrechen, kommt dabei überhaupt nicht mehr vor. Lochſteine ergeben ſo aber eine ungünſtige Wölbung, da ſie »auf dem Kopfe« ſtehen; dies iſt aber der Gedanke, der der dritten Art amerikaniſcher Hohlkaſten zu Grunde liegt, bei denen der ganze Querſchnitt auch unverändert von Balken zu Balken läuft. Zugleich fällt dabei die durch Vielgeſtaltigkeit der Stücke eines Bogens bedingte Verwickelung und Verteuerung der neueren Kaſtenformen der zweiten Art wieder weg. Auch genügten die weiteſt entwickelten Kaſten der zweiten Stufe vielfach nur zur Deckung einer ganz beſtimmten Fachweite, während dieſe bei den neueſten quer geſtellten Formen von der Kaſtengeſtalt meiſt ganz unabhängig iſt.

Zunächſt folgen hier zwei Beiſpiele groſser Fachauswölbungen mit Hohlkaſten, die ſich der Wölbung mit Lochſteinen unmittelbar anſchlieſsen und neueren amerikaniſchen Ausführungen entnommen ſind.

Fig. 183 zeigt ein Beiſpiel der Ausführung ſehr weiter derartiger Bogen im *New Appraiſer's Office* zu New-York[131]) mit den wichtigſten Hauptmaſsen; ergänzend iſt nur zu bemerken, daſs die 7 m freitragenden Balken in 1,75 m Teilung nach Fig. 176 durch verdeckt liegende Zugſtangen abgefangen ſind.

Fig. 183.



Bei 4,674 m Weite trugen dieſe Bogen unter ganz friſcher Betonhinterfüllung 6000 kg für 1 qm einſeitige Probelaſt bis zum Bruche; nach völligem Abbinden aber trugen ſie an voller Belaſtung über die ganze Weite 5750 kg für 1 qm ohne Spuren der Zerſtörung, und nachdem dieſe Laſt 24 Stunden gewirkt hatte und dann beſeitigt war, ging die entſtandene Scheitelſenkung von 16 mm wieder auf die bleibende von 8 mm zurück. Der Bogen war alſo noch nicht bis zur vollen Leiſtung belaſtet.

Bei der dargeſtellten Weite ſind die Bogen in beiden Schenkeln auf 203 mm verſtärkt; bis zu 3,50 m Weite wurden ſie durchweg 153 mm ſtark ausgeführt. An der Verſtärkungsſtelle iſt aber auch dafür geſorgt, daſs immer Steg gegen Steg, nie ein Steg gegen einen Hohlraum ſetzt, um die Biegung in den Kaſtenwänden möglichſt zu mindern und unſchädlich zu machen.

92. Hohlkaſten der *Merrick fireproofing Co.*

Die Auswölbung der Trägerfache mit den gebrannten Thonkaſten der *Merrick fireproofing Co.* in New-York zeigt Fig. 184[132]). Die Anordnung zeichnet

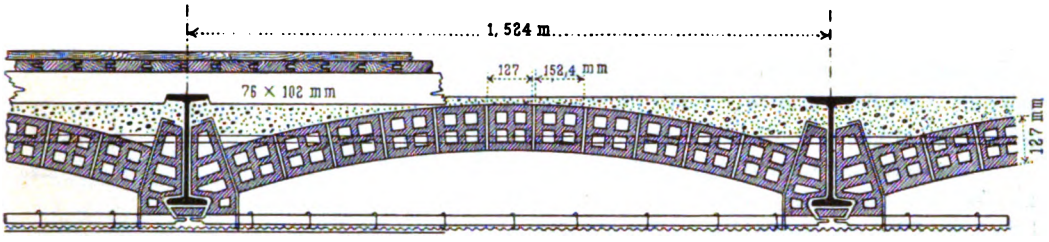
131) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIV (1895), S. 314.

132) Siehe ebendaſ., Bd. XL (1898), S. 221.

Digitized by Google

ſich durch beſonders kräftige Kämpferſtücke aus, welche ſelbſt für ſehr ſtarke Wölbungen ausreichende Kämpferflächen geben und unten die in Nordamerika üblichen Keilthonplatten zur Deckung der Trägerflanſche faſſen. Die eigenartige ſelbſtändige Deckenaufhängung an Blechſtreifen in den Kämpferfugen, welche ſpäter

Fig. 184.



(in Kap. 6) beſonders beſchrieben wird, iſt hervorzuheben; ſie iſt neben den Thonhaken an den Kämpferſtücken als zweites Mittel der Unterſtützung der Thonplatten unter den Trägern benutzt, um nicht allein auf die unteren Hakenanſätze der Kämpferſtücke angewieſen zu ſein. Der Schub der Wölbung wird mittels durchlaufender, verdeckt liegender Rundeiſenanker aufgenommen.

93. Scheitrechte Wölbung aus Hohlkaſten.

Weiter von den Lochſteinen entfernen ſich die Kaſtenformen, welche, von Längsräumen durchbrochen, für die Bildung ſcheitrechter Kappen beſtimmt ſind.

Einige Beiſpiele von derartigen amerikaniſchen Ausführungen zeigen Fig. 185 u. 186. Beſonderer Wert wird hier, im Gegenſatze zu den franzöſiſchen Anordnungen, darauf gelegt, die Träger auch mit dem Unterflanſch dem Feuer zu entziehen. Eine derartige Anordnung mit gebrannten Thonflieſen wurde ſchon in Art. 59 (S. 69) und eine ſolche für Vollſteine in Art. 79 (S. 85) vorgeführt; in Fig. 185 umgreifen die Hohlſteine den unteren Trägerflanſch — wie in Fig. 156 (rechter Träger links) die Vollſteine — vollſtändig, ſo daſs durch die unter dem Träger liegenden Lufträume ein beſonders wirkſamer Schutz entſteht. Die Fugen ſind in Fig. 185 durch rechteckige Nuten in den Lagerflächen der Hohlſteine, in welche der Mörtel federartig eingreift, beſonders geſichert.

Fig. 185.

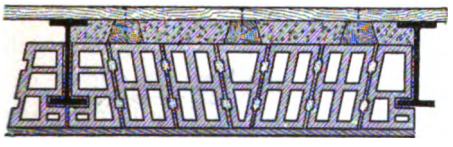
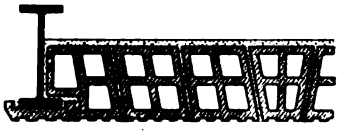


Fig. 186.



In Fig. 186 iſt der Schutz der Träger, wie in Fig. 184, bei fehlendem Luftraume weniger wirkſam durch unmittelbar unter den Flanſch gelegte Thonplatten erzielt, welche, zuerſt verlegt, ſchwalbenſchwanzartig von den Rändern der Hohlſteine umfaſst werden. Die Hohlſteine ſind unten für die Aufnahme des Putzes ſchwalbenſchwanzförmig genutet.

Bei dieſen beiden Konſtruktionen tritt die ungünſtige Lage, in der ſich die dünnen Wände der groſsen Kaſten befinden, beſonders deutlich hervor; namentlich erſcheint die letztere in Fig. 186 an den Kämpfern mangelhaft, wo ein Querſteg gegen eine auf der anderen Seite ununterſtützte Stelle der Wandung an der letzten Bogenfuge ſtöſst.

Digitized by Google

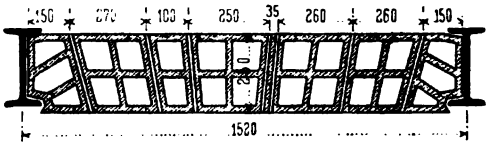
Zwei Formen, die den vorigen noch ähnlich, doch ſchon den Anſatz einer Bogenform wenigſtens in den Kämpferſtücken zeigen und ſich wohl unbedingt beſſer zur Druckübertragung eignen, ſind im folgenden beſchrieben.

94. Decke der *Pioneer fireproof conſtruction Co.*

Die *Pioneer fireproof conſtruction Co.* verwendet die in Fig. 187[133]) dargeſtellte Form der Fachausfüllung.

Die Ausſetzung verſchiedener Weiten wird durch Einlegen voller Thonplatten erzielt. Die in die Träger einzuſetzenden Kaſten haben unten Keilhaken, welche keilige Thonplatten zur Deckung der Trägerunterflächen aufnehmen. Die Kaſten wiegen für ſich 160 kg, fertig verſetzt 200 kg für 1 qcm.

Fig. 187.



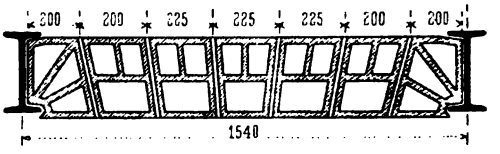
Bei Belaſtungsproben erfolgte der Bruch unter 2460 kg Laſt auf 0,90 qm mitten im Felde; ein Schlag mit 60 kg aus 1,80 m Höhe genügte zur Zerſtörung. Der Wechſel von Feuerwirkung durch 90 Minuten mit kaltem Anſpritzen durch 3 Minuten wurde dreimal bis zum Zerfallen ertragen; ruhiges Feuer hatte die Decke in 24 Stunden ſo angegriffen, daſs ſie beim Abräumen gänzlich zerfiel.

95. Decke der *Wight fireproofing Co.*

Wieder ſehr ähnliche, aber noch etwas günſtigere Stoffverteilung zeigt die Decke der *Wight fireproofing Co.* (Fig. 188[134]).

Sie trug 3900 kg auf 0,90 qm mitten im Felde und einen Schlag mit 60 kg aus 1,80 m Höhe bis zum Bruche. Dem Wechſel zwiſchen 90 Minuten Feuer und 3 Minuten Anſpritzen ertrug ſie bis zur Zerſtörung 14mal; nach 24 Stunden ruhigen Feuers trug ſie zwar zunächſt noch 1300 kg für 1 qm, brach aber beim Abräumen zuſammen. Der Unterſchied der Leiſtung gegenüber derjenigen der ſpäter zu Fig. 193 zu beſprechenden Decke von *Lee* mit quer liegenden Hohlſtücken zu Gunſten letzterer iſt beachtenswert.

Fig. 188.



Die in Fig. 185 u. 186 dargeſtellten Formen haben neben ihrer ſtatiſchen Minderwertigkeit doch auch Vorteile gegenüber den in Fig. 187 u. 188 veranſchaulichten. Zunächſt beſtehen ſie aufser den Kämpfer- und Scheitelſtücken aus lauter ganz gleichen Stücken, ſo daſs ſie zum Ausſetzen ſehr verſchieden weiter Balkenfache geeignet ſind, während die in jeder Reihe anders geformten Kaſten in Fig. 187 u. 188 ganz beſtimmte Fachweiten verlangen. Die geringen Breitenabſtufungen durch Einlegen voller Thonplatten in die Wölbfugen (Fig. 187) ſind ſelbſtverſtändlich bei allen Anordnungen in gleicher Weiſe verwendbar.

96. Sonſtige Hohlkaſten.

An die Kaſtenbogen von Fig. 183 u. 184 ſchlieſst die aus neuerer Zeit ſtammende Konſtruktion in Fig. 189[135]) eng an, inſofern hier die Bogenkaſten mit Längsöffnungen unverändert beibehalten ſind, aber nach unten Anſätze tragen, welche nicht mehr als Bogenteile mitwirken, ſondern bloſs zur Herſtellung der ebenen Deckenfläche dienen. Die Bogenſtege ſind ſorgfältigſt von Träger zu Träger durchgeführt. Ein gewiſſer Wechſel der Spannweite iſt dadurch ermöglicht, daſs ein

Fig. 189.

133) Siehe: Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264. — Deutſche Bauz. 1895, S. 531 (wo verſchiedene ähnliche Formen dargeſtellt ſind).

134) Siehe: Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264.

135) Siehe: *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Bd. XXXIV (1895), S. 521.

Digitized by Google

zurecht zu hauendes Scheitelſtück eingefügt iſt. Dieſes zeigt ſchon die neuerdings durchgedrungene Querſtellung der Hohlräume und iſt daher durch Behauen zu verkürzen, was ſelbſtverſtändlich bei allen früher angegebenen Kaſtenformen ausgeſchloſſen iſt; übrigens verlangt aber auch dieſe Form in den Schichten durchweg verſchiedene Stücke. Für Deckung der Trägerflanſche iſt nur durch Lappen an den Kämpferſtücken geſorgt; der Schutz iſt alſo weſentlich geringer als bei der in Fig. 185 dargeſtellten Konſtruktion.

In den ſcheitrechten Kaſten verſteckte Bogenrippen, die von Träger zu Träger laufen, zeigen Fig. 190 u. 191[136]); erſtere iſt noch verhältnismäſsig einfach, wenn auch alle Stücke verſchieden ſind[137]). Mängel ſind die Ungleichmäſsigkeit der Dicken, die das Brennen erſchwert, und die Gröſse der von keinerlei Stegen verbundenen und geſtützten Seitenwandungen. Die Konſtruktion in Fig. 191 iſt in allen dieſen Beziehungen zwar beſſer; zugleich zeigt ſie aber unter allen die verwickelteſte Form der Kaſten, ſo daſs ſie keine erhebliche Verbreitung gefunden hat. Beide verlangen wieder je ein beſonderes Muſter für jede Fachweite, wodurch die Verwendung weiter erheblich erſchwert wird.

Fig. 190.

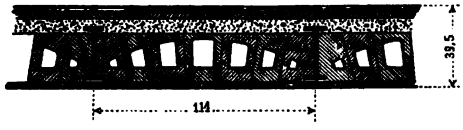
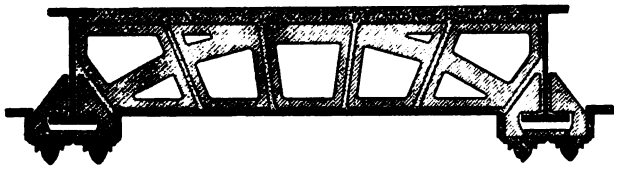


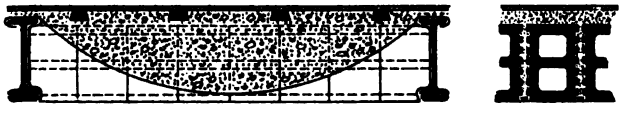
Fig. 191.



In Fig. 191 iſt gleichfalls eine keilförmige Thonplatte unter die Träger geſetzt, aber ſo tief, daſs ein Luftraum darüber bleibt und ein ſehr wirkſamer Schutz des Trägers durch Putzplatte und Hohlraum erzielt wird.

Die beachtenswerteſte Entwickelungsſtufe der amerikaniſchen Hohlkaſten iſt zweifellos die oben zuletzt angeführte, die der Formen mit quer zu den Trägern geſtellten Hohlkaſten, deren ſtatiſche Vorzüge oben bereits erörtert wurden. Hier iſt noch hinzuzufügen, daſs ſie das Ausſetzen beliebig weiter und ſelbſt unregelmäſsiger Trägerfache ohne beſondere Formſtücke ermöglichen, da man ſie, wie bezüglich des Schluſsſtückes in Fig. 187 ſchon betont wurde, der Länge nach beliebig behauen kann. Aus dem gleichen Grunde kann man auch aus rechteckigen Regelſtücken dieſer Art durch Behauen den Fugenſchnitt ſcheitrechter Bogen erzielen, den die Mehrzahl ſolcher Fachfüllungen aufweiſt.

Fig. 192.



Eine der älteſten Ausgeſtaltungen dieſer Querkaſten zeigt Fig. 192[138]), bei der die mit lotrechten Fugen zuſammengeſetzten Kaſten durch Verzahnungen der Mörtelfugen verbunden ſind. Der erhebliche Schub dieſes ſcheitrechten Bogens wird durch eine Eiſenverankerung der Träger aufgenommen, welche unter b, 3, β noch beſonders erörtert werden wird.

---

136) Daſs der Bogen oben zu dünn und die untere Deckenplatte zu dick iſt, beruht auf einem Fehler des Zeichners.

137) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 32; 1887, S. 435, 451. — *American engineer*, Bd. 13 (1887), S. 230. — *Engng. news*, Bd. 25 (1890), S. 368.

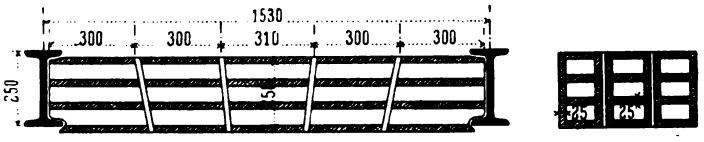
138) Siehe: Oeſter. Monatſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 4.

Digitized by Google

97. *Lee's* Hohlkaften.

Faft genau dieſelbe Anordnung zeigen die neueren porigen Thonkaften von *Th. A. Lee*, mit denen die in Nordamerika ſehr verbreiteten Feuerproben in ausgedehntem Maſse angeſtellt wurden (Fig. 193[139]). Die Deckung der Trägerflanſche erfolgt wieder mit keiligen Thonplatten auf angehauenen Anſätzen der Kämpferſtücke, die ſomit beſonderer Formung nicht bedürfen.

Fig. 193.



An ruhender Laſt wurden bis zum Bruche 7060 kg auf 0,90 qm getragen; Fallproben mit einem Gewichte von 60 kg führten zur Zerſtörung nach 3 Schlägen aus 3,00, 4 Schlägen aus 1,80 m und 7 Schlägen aus 2,40 m Höhe. Zur Prüfung der Feuerbeſtändigkeit dienten folgende Proben.

α) Die mit 1300 kg für 1 qm belaſtete Decke wurde 1 Stunde lang dem Feuer ausgeſetzt, dann 3 Minuten lang kalt angeſpritzt. Hierauf folgte ein 11maliger Wechſel von Feuer während 90 und Anſpritzen während 3 Minuten; nach 23 Stunden war die Decke im weſentlichen unverletzt; zur Zerſtörung waren noch 11 Schläge des 60 kg-Gewichtes mit etwa 2,00 m Fallhöhe nötig.

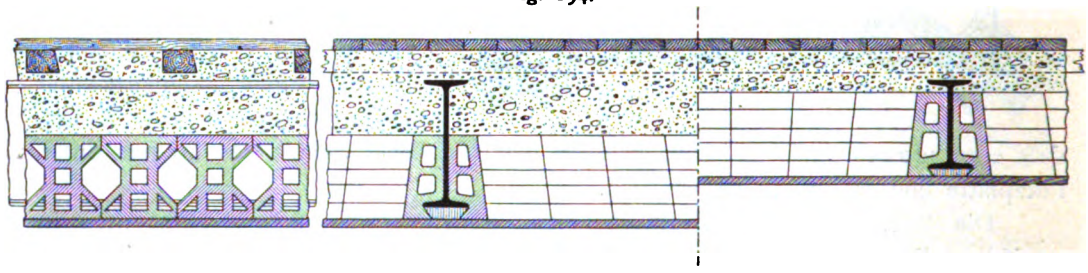
β) Nach 24ſtündigem Feuer trug die Decke 4800 kg für 1 qm, ohne weſentlich verletzt zu werden.

Dieſe Kaſten wiegen trocken 170 kg und naſs 250 kg für 1 qm.

98. I-förmige Hohlkaften.

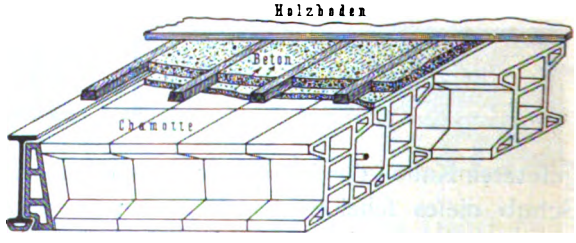
Eine beſonders günſtige und neuerdings ſchnell verbreitete Geſtalt von Hohlkaſten für Fachwölbungen aus dichtem oder porigem Thone zeigen Fig. 194 u. 195[140])

Fig. 194.



in der Verwendung für ſcheitrechte Bogen mit bogenförmigem (Fig. 194) oder lotrechtem Fugenſchnitte (Fig. 195), die jedoch in ganz gleicher Weiſe unter entſprechender Formung oder geringem Behauen auch für gekrümmte Bogen verwendbar iſt. Dieſe Kaſten, die man wohl ohne Bedenken für die beſten bislang erfundenen erklären kann, haben eine Art von I-Form, ſo daſs ein vergleichsweiſe groſser Teil des Querſchnittes in den oberſten und unterſten Gliedern ſteckt, ein geringer in den wenig beanſpruchten Stegen; der Stoff iſt alſo derart verteilt, wie dies für die Aufnahme der bei einſeitiger Belaſtung eines Faches auftretenden erheblichen Biegungsmomente beſonders günſtig iſt. Wie die Träger

Fig. 195.



139) Siehe: Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 264.

140) Siehe: *Engng.* 1898 — II, S. 139. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1867), S. 144. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006. — *Engineering news* Bd. XXXIX (1898), S. 330; Bd. XXXV (1896), S. 235 u. Fig. 4. — HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 6 ff., Tafelabb. 28 u. 29. — Deutſche Töpfer- u. Zieglerzeitg. 1897, Nr. 7 ff. — *Engineering record* 1900, Febr., S. 108.

Digitized by Google

von unten gedeckt und wie die Teile eines Holzfufsbodens mittels mageren Betons befeftigt werden, zeigen Fig. 194 u. 195.

Derartige Decken wiegen bei 38 cm Balkenhöhe durchfchnittlich 316 kg und bei 25 cm Balkenhöhe 220 kg für 1 qm.

Als Mörtel für das Verfetzen diefer wie ähnlicher Kaften follte, wie in Nordamerika gefchieht, nur reiner Zementmörtel verwendet werden. Beim Einfetzen ift zur Vermeidung unnützen Mörtelverbrauches, unnötiger Befchwerung der Decke und von Beeinträchtigung der durch die grofsen Hohlräume fonft erzielten Vorteile darauf zu halten, dafs thunlichft nur die Endflächen der Wandkörper mit Mörtel bedeckt werden, damit die Fugen diefelben Oeffnungen zeigen wie die Kaften.

In Fig. 194 u. 195 find befonders geformte Kämpferkaften gezeichnet; dafs folche nicht unbedingt nötig find, zeigt Fig. 193.

Dafs die quer durchlaufenden Hohlräume eine gute Gelegenheit zum Anbringen von Zugankern zwifchen den Balken bieten, zeigt Fig. 195. Bringt man diefe fo an, dafs fie immer in die grofsen Räume zwifchen zwei Kaftenreihen treffen, fo kann man fie vor Beginn der Fachausfüllung einziehen, ohne dafs das Verfetzen der Kaften dadurch erfchwert würde.

Der Preis diefer fehr verbreiteten Decken ift vergleichsweife hoch. Derjenige für die in Fig. 192 dargeftellte Decke wird bei 39,5 cm Dicke mit 25,4 cm hohen I-Balken in 114 cm Teilung, einfchliefslich Fufsboden und Deckenputz, zu 36,80 Mark auf 1 qm für Philadelphia angegeben, worin die hohen amerikanifchen Löhne mit zur Geltung kommen.

3) Wölbung aus im Bau eingeftampftem Mörtel oder Beton.

α) Ohne Eifeneinlagen[141]).

99. Beton- und Mörtelarten.

Bei den Betonkappen fpielt die Herftellung und Mifchung des Mörtels wie des Betons eine Rolle, deren Wichtigkeit noch vielfach unterfchätzt wird. Wenn hier auch nicht die Stelle ift, an der auf diefen Abfchnitt der Bauftofflehre näher einzugehen wäre, fo mufs doch auf die vortrefflichen Unterfuchungen von *Unna*[142]) über Eigenfchaften und Preife von Mörtel und Betonarten hingewiefen werden, welche ein fehr beachtenswertes Hilfsmittel für die Auswahl der geeigneten Mörtel- oder Betonmifchung für einen beftimmten Zweck bilden. Ohne auf diefe gründlichen Unterfuchungen hier näher einzugehen, führen wir nur an, dafs *Unna* namentlich die Wichtigkeit des Vorhandenfeins fehr verfchiedener Korngröfse im Sande des Mörtels wie im Kiefe oder Kleinfchlage des Betons nachweift und den Verbeffe-rungen nach ftatifcher und wirtfchaftlicher Richtung nachgeht, welche durch Zufchläge von Kiefelfäure in Geftalt von Trafs, Hochofenfchlackenmehl u. f. w. fowohl bei Kalk-, als auch bei Zement-, als auch bei gemifchten Mörteln erzielt werden können. Die Unterfuchungen weifen nach, dafs man für beftimmte Verhältniffe meift mit Mifchungen fehr verfchiedenen Preifes die gleichen Ergebniffe erzielen kann, dafs alfo das Gebiet der Mörtel- und Betonmifchung ein folches von ganz hervorragender wirtfchaftlicher Bedeutung fei.

---

141) Siehe: *Concrete arches* von LUTTON. *Railroad gazette*, Bd. XXXII (1900), S. 306.

142) Sonderdruck: Die Beftimmung rationeller Mörtelmifchungen unter Zugrundelegung der Feftigkeit, Dichtigkeit und Koften des Mörtels. Vortrag, gehalten in der Verfammlung des Arch.- u. Ing.-Ver. f. Niederrhein und Weftfalen zu Köln, am 9. Januar 1899.

Digitized by Google

Wie auf die angeführte wichtige Quelle, verweiſen wir bezüglich dieſes Gegenſtandes der Bauſtofflehre auf Teil I, Bd. 1 erſte Hälfte dieſes »Handbuches«. Es iſt nur noch zu betonen, daſs es an vielen Stellen, ſo z. B. in den Zwickelüberfüllungen, in Einbettungen von Fuſsbodenlagern, kurz überall da, wo es auf die Aufnahme erheblicher Spannungen nicht ankommt, nicht nötig iſt, Mörtel und Beton beſter Beſchaffenheit zu verwenden, daſs man hier vielmehr meiſt mit ganz billigen Erſatzſtoffen und ſehr mageren Miſchungen auskommt, ſofern dieſe nur keine geſundheitsſchädlichen, die Feuchtigkeit anſaugenden oder Staub erregenden Beimengungen enthalten und den Grad von Zuſammenhalt beſitzen, der die Erfüllung der dieſen Teilen zugewieſenen Aufgaben ſicherſtellt. In dieſer Beziehung ſind Kohlenaſche und Kohlenſchlacke mit Kalkmilch gemengt als ganz beſonders billige und leicht zu erhaltende Stoffe anzuführen.

100. Ausführungen von Betonbogen.

Die Firma *Odorico* in Frankfurt a. M. verwendet Schlackenbeton aus 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand und 7 Teilen Schlacken [143]) von Tauben- bis Hühnereigröſse. Bei verſuchsweiſer Verwendung am Bau des Krankenhauſes zu Karlsruhe wurde 1 Teil Zement mit 6 Teilen Schlacken und etwas Sand [144]) gemiſcht. Zu Ueberfüllungen von Tragbogen oder Platten aus Beton wird häufig, der Leichtigkeit halber, eine Miſchung von 1 Teil Weiſskalk mit 8 bis 10 Teilen Schlacke verwendet, welche einen ziemlich hohen Grad von Zuſammenhalt erreicht.

Die Zugfeſtigkeit des Schlackenbetons beträgt etwa das 0,7fache [144]) derjenigen von Kiesbeton, während das Gewicht nur knapp 0,5fach ſo groſs iſt.

Den Pfeil der gewölbten Betondecken kann man ſehr flach halten, da die Stärke des Bogens nach Ausweis in Kap. 9 ſelbſt bei ſtarken Laſten und geringem Pfeile noch ſo gering wird, daſs die Verwendung von Steinſchlagbeton wegen der in ganz dünnen Körpern unvermeidlichen Löcher hier häufig ausgeſchloſſen erſcheint und man meiſt Kies- oder Schlackenbeton verwenden muſs. Der flache Pfeil und die geringe Stärke kommen der Erleichterung der an ſich ſchweren Decke zu gute. Um dieſe Vorteile thunlichſt auszunutzen, legt man den äuſseren Bogenſcheitel in der Regel gleich hoch mit Trägeroberkante und füllt dann den unter dem Kämpfer verbleibenden Raum bis zum unteren Flanſch gleichfalls mit Beton aus (Fig. 196 u. 197) oder umhüllt den Balken unten noch vollſtändig mit Beton (Fig. 198).

Fig. 196.

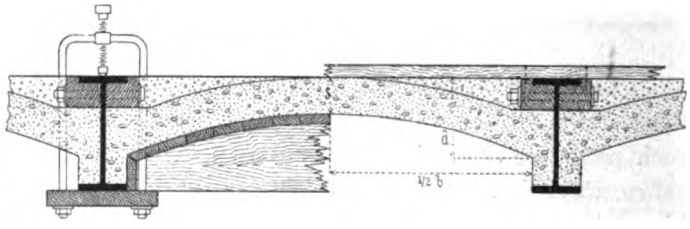
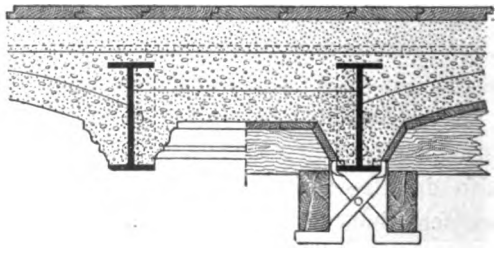


Fig. 197.



Gewöhnlich enthält der gegrabene oder gebaggerte Kies an ſich erhebliche Sandbeimengungen; ſolche Kiesarten werden meiſt im Verhältniſſe von 5 Teilen Kies

143) Siehe: Deutſche Bauz. 1890, S. 46.

144) Siehe ebendaſ., S. 7.

Digitized by Google

auf 1 Teil Portlandzement gemiſcht. Bei ſorgfältigerer Bereitung aus reinem Kieſe und Zementmörtel kann man jedoch gleich gute Erfolge mit magereren Miſchungen erzielen.

So ſind die Gewölbe von ſchweizeriſchen Betonbrücken[145]) nach dem Verhältniſſe 1 Zement, 2 Sand und 4 Kies gemiſcht, die Flügel nach 1 : 2 : 6, die Widerlager ſogar nach 1 : 3 : 7[146]). — Bei neueren Brücken im Königreich Sachſen und über die Moſel bei Metz ſind Miſchungen von 1 : 5 : 6,5 in den Gewölben, 1 : 6 : 8 in den Pfeilern und 1 : 7 : 9 in den Pfeilerfüſsen verwendet.

101. Herſtellung und Ausrüſtung.

Die Herſtellung erfolgt, indem man auf Hängerüſtungen (Fig. 165 bis 169), auf unterſtützter Einrüſtung (Fig. 198 u. 199) oder auf eiſernen Rüſtbügeln (Fig. 170, 171 u. 172) unterhalb der Träger eine volle Schalung herſtellt und auf dieſer den Beton in dünnen Lagen feſt einſtampft. Man beginnt hierauf mit der Füllung an den Trägern und ſchlieſst ſie allmählich nach dem Scheitel ab. Dabei iſt die angegebene Miſchung durchweg nur in der Stärke des Scheitels einzubringen; die Zwickel an den Trägern können, wie in Fig. 196 angedeutet iſt, mit einer mageren Füllmiſchung, etwa magerem Schlackenbeton, ausgefüllt werden, welche nur eben genügend abbindet, um keine Schübe zu äuſsern, und dabei möglichſt leicht iſt. Dieſe Ausfüllung wird mit oder oberhalb der Trägeroberkante abgeglichen und nimmt erforderlichenfalls etwas ſchwalbenſchwanzförmig geſchnittene Lagerbohlen für die Befeſtigung hölzerner Fuſsböden auf, auf welchen die Bretter ſpäter vernagelt werden (Fig. 159, 160, 166, 183, 185, 192, 194, 197). In Fig. 196 ſind die Lager an die Träger gebolzt; doch können die Bolzen in weiter Teilung ſitzen, bei guter Ueberfüllung auch ganz fehlen. Um das Quellen der Lagerhölzer infolge Eindringens der Feuchtigkeit aus dem friſchen Beton zu vermeiden, empfiehlt es ſich, die Lagerhölzer vorher zu theeren oder mit Dachpappe zu umhüllen.

Fig. 198.

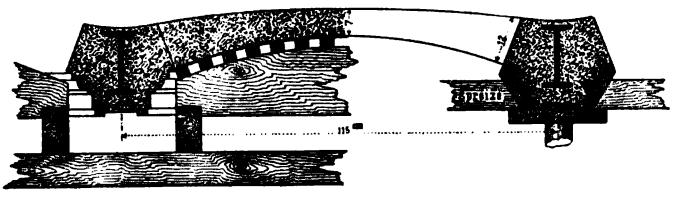
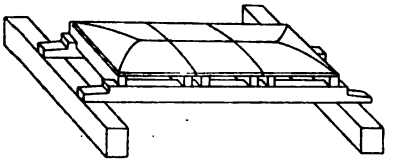


Fig. 199.



Bei nordamerikaniſchen Bauten hat man die Zwickelausfüllung dadurch leichter gemacht, daſs man beim Einſtampfen einige Zinkblechrohre mit offener Naht und verſchiedenem Durchmeſſer je nach Geſtalt der Zwickel in dieſe einlegte[147]). Die Rohre wurden im Inneren gegen den Aufsendruck in ſolcher Weiſe verſpreizt, daſs man dieſe Ausſpreizung vom freien Rohrende aus leicht auslöſen und herausziehen, dann den Rohrdurchmeſſer durch weiteres Aufwickeln verringern, alſo das Rohr herausziehen konnte. Die Rohre ſind hiernach für weitere vorzuſtreckende Kappenteile immer wieder verwendbar. Auf dieſe Weiſe iſt, namentlich bei groſsen Kappen und ſtarken Bogenpfeilen, eine ſehr erhebliche Laſtminderung zu erzielen.

Das Ausrüſten erfolgt bei den angegebenen Miſchungen früheſtens nach 10 Tagen; während dieſer Zeit iſt im heiſsen Sommer dauerndes Feuchthalten der Füllung durch leichtes Begieſsen, wenn möglich auch Bedecken mit einer feuchten

145) Siehe: Schweiz. Bauz., Bd. 4 (1884), S. 136.

146) Ueber Verſuche mit Betonkappen und Steinkappen ſiehe: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 159.

147) Siehe: *Annales des travaux publics*, Bd. 9 (1888), S. 2118.

Digitized by Google

Sandſchicht zu empfehlen. Noch einige Zeit nach dem Ausrüſten ſoll die Wölbung keinen ſchweren Laſten, namentlich keinen Stöſsen ausgeſetzt werden; ſelbſt für den Verkehr der Arbeiter lege man Laufbretter auf die Decke.

102. Beiſpiele ausgeführter Betonkappen.

Im nachſtehenden ſeien einige Beiſpiele von neueren ausgeführten Betonkappen vorgeführt.

a) Eine ganz beſonders ſtarke Anordnung dieſer Art zeigt Fig. 197 aus einem neuen Schulhauſe zu Mainz[148]). Hier ſind die Träger paarweiſe zuſammengelegt, was ſich für die Aufnahme der Schübe der Kappen als zweckmäſsig erweiſen kann (ſiehe Art. 85, S. 95 und Kap. 9); in die engen Fache iſt eine gerade, in die weiten eine gewölbte Betondecke gelegt, welche dann eine bis über die Träger reichende Zwickelfüllung trägt. Dieſe iſt dann wieder mit gewöhnlicher Bettung zur Aufnahme der Fuſsbodenlager überdeckt. Um Gewicht und Koſten dieſer auſsergewöhnlich ſtarken Decke thunlichſt herabzumindern, iſt die Zwickelfüllung in magerem Schlackenbeton, aus leichten porigen Schlacken mit Weiſskalk ausgeführt, welcher für 1 cbm fertig 6 Mark koſtete.

b) Im Gerichtshauſe zu Frankfurt a. M.[149]) ſind feuerſichere Betondecken nach Fig. 198, 199, 200 u. 201 als abgewalmte Tonnenkaſſetten von den beiden Unternehmern *Löhr* und *Odorico* nach verſchiedenen Verfahren ausgeführt, indem jedes Feld eines rechtwinkeligen Roſtes aus Balken und Zwiſchenträgern mittels einer Kappe aus Beton von 8 Teilen Kiesſand, 1 Teil Zement und $^1/_4$ Teil Kalk gedeckt wurde.

Die Ausführung der ziemlich umfangreichen Arbeiten nach *Löhr* iſt in Fig. 198, 199 u. 200 dargeſtellt. Zunächſt wurden hölzerne Kaſten aus zwei Seitenteilen und einer Bodenbohle unter den Trägern

Fig. 200.

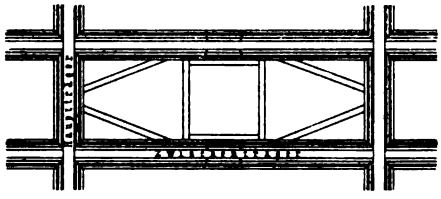
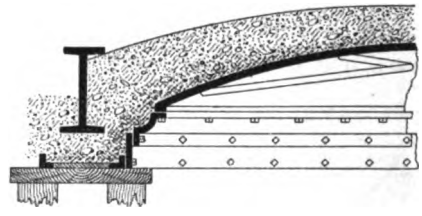


Fig. 201.



ſo zuſammengeſetzt, wie Fig. 198 rechts im Querſchnitt, und Fig. 200 im Grundriſs zeigt. Die Seitenwände der Kaſten bilden nach Fig. 200 verſtrebte, rechtwinkelige Eckſtücke, zwiſchen welche keilförmig abgeſchnittene Mittelſtücke eingetrieben wurden, um einerſeits verſchiedene Längen der Felder mit denſelben Teilen einrüſten, andererſeits das durch die Feuchtigkeit etwas quellende Holz leichter ausrüſten zu können. Innen waren die Kaſten mit genau nach dem verlangten Querſchnitte der Trägerhülle geformtem Zinkbleche ausgeſchlagen, das vor jeder Benutzung etwas gefettet wurde, damit der Zement nicht anbinden konnte. Dieſe Kaſten wurden zuerſt mit einer dünnen Lage Zement genau ausgeſtrichen, um ſcharfe Kanten und ebene Flächen zu erhalten, und in dieſe Maſſe wurde der Beton, von unten nach oben magerer und gröber werdend, um die Träger herum, unter genauem Abgleichen der Kämpferflächen für die Kappen, eingeſtampft. Nach Abbinden dieſes Körpers ſetzte man die in Fig. 199 dargeſtellte Kappenrüſtung auf entſprechende Lagerhölzer in das Feld ein. Die Auſsenfläche auch dieſer beſtand aus gefettetem Zinkbleche mit ganz dünner Lattung (Fig. 198 links); hierauf wurden auch die Kappen innen fetter, auſsen magerer und gröber eingeſtampft. Nach der Ausrüſtung wurden die Nähte nachgefugt und mit dem Meſſer geſäubert.

Die Beſchaffungskoſten dieſer Einrüſtung betrugen 15 Mark für 1 qm, wurden aber durch die Wiederverwendung ſchlieſslich ſehr gering.

Die Firma *Odorico* verwendete dagegen die in Fig. 201 dargeſtellte, aus Eiſenblech und Guſseiſenleiſten durch Verſchraubung für die Trägerhülle und die Kappenlaibung gemeinſam hergeſtellte Einrüſtung auf Stielen und Bohlen unter den Trägern, in welche der geſamte Beton für beide Teile unten fett, oben magerer und gröber auf einmal eingeſtampft wurde. Damit die Arbeiter auf den Blechböden verkehren konnten, ohne dieſe zu verdrücken, waren noch Rundeiſen-Schrägſteifen eingeſchraubt. Die Beſchaffungskoſten dieſer Einrüſtung betrugen 45 Mark für 1 qm.

Die Koſten der Decke ohne Träger, Einrüſtung und Fuſsboden betrugen durchſchnittlich 6,5 Mark für 1 qm.

148) Siehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 3.

149) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 274.

Digitized by Google

Bei der Probebelaſtung riefen 3000 kg auf 1 qm noch keine erkennbare Veränderung des Gefüges hervor. Ein 2,50 m hoch fallendes Gewicht von 25 kg ſchlug ein rundes Loch in die Kappe, ohne dieſe ſonſt zu verletzen.

Die ſämtlichen zu bemalenden Innenflächen von Zementkörpern wurden mit kohlenſaurem Ammoniak übergeſtrichen, um als Grundlage für die durch friſchen Zement gefährdete Bemalung eine dünne Schicht kohlenſauren Kalkes zu erzielen.

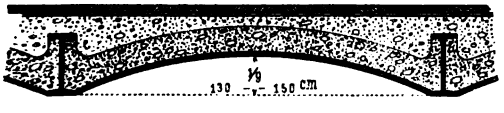
c) Bei der Erweiterung des Bahnhofes zu Erfurt[150]) wurden Betonkappen in einer Ausdehnung von 3400 qm aus 1 Teil Zement und 8 Teilen ziemlich ſandfreien Kieſes mit 1,5 cm bis 2,0 cm Zementeſtrich der Miſchung von 1 Teile Zement und 2 Teilen Sand ausgeführt. Die Kappen hatten bei $^1/_{10}$ Pfeilverhältnis 11 cm Stärke und wurden dann nach Fig. 196 bis auf die unteren Trägerflanſche hinabgeführt, die unten ſichtbar blieben. Die Kappen hatten zum Teile unmittelbar nach der Herſtellung eine Kälte von 6 Grad R. auszuhalten, erwieſen ſich aber als dadurch nicht beſchädigt und trugen, 14 Tage alt, 2850 kg auf 1 qm unter ziemlich ſchweren Hackenſchlägen, ohne eine Veränderung zu zeigen; dagegen brach eine verſuchsweiſe hergeſtellte ebene Betonplatte von gleicher Stärke ſchon unter geringerer Laſt.

Bezüglich der gelegentlich dieſer Ausführung verhandelten Frage, ob ſo flache Kappen infolge Treibens des Betons Schub äußern oder als Platten wirken, giebt *Schumann* in Amöneburg an, daſs unter Waſſer zwar $^1/_4$ Jahr lang ſtarkes Treiben ſtattfindet, welches erſt nach 2 Jahren ganz aufhört; auf 1 m Länge ſind Ausdehnungen beobachtet: nach $^1/_4$ Jahr um 0,2 mm, nach $^1/_2$ Jahr um 0,22 mm, nach 1 Jahr um 0,27 mm, nach 2 Jahren um 0,3 mm. Natürliche Bauſteine dehnen ſich oft nach der Verwendung mehr aus. Dieſe Maſse genügen nicht, um das Auftreten erheblicher Schübe abzuleiten. Nun iſt es aber ſogar wahrſcheinlich, daſs ſich die trocken erhärtenden Kappen zuſammenziehen, worauf die Schwindriſſe und der Umſtand hindeuten, daſs Probewürfel aus 1 Teil Zement und 8 Teilen Sand bei 10 cm Seitenlänge 1 Woche unter Waſſer und 3 Wochen trocken erhärtet 0,042 mm Seitenverkürzung ergaben.

Es wäre aber gefährlich, auf Grund dieſer Beobachtungen anzunehmen, daſs die flachen Kappen überhaupt nicht ſchieben, und dann die Träger nur auf die lotrechten Laſten zu berechnen; denn die Plattenkörper brechen jedenfalls leichter als die Kappen, und wenn nun eine als Kappe berechnete Fachausfüllung zunächſt auch wirklich als Platte wirkte, ſo würde ſie dadurch Spannungen erleiden, die über die berechneten erheblich hinausgehen. Sollten infolge davon feine Riſſe entſtehen, ſo iſt die Plattenwirkung jedenfalls aufgehoben, und die Gewölbewirkung beginnt nun unter ganz geringem Verkanten der Teile. Es iſt daher nötig, den Kappenſchub gleich in die Trägerberechnung einzuführen.

b) Bei der Erbauung des Krankenhauſes zu Karlsruhe[151]) wurden drei Arten von Fachausfüllungen in Betracht gezogen: ebene Betonplatten, Kappen aus Beton und Kappen aus Schlackenbeton. Die erſte Anordnung wurde aufgegeben, weil die Platten an ſich dick werden und viel Füllung verlangen, alſo im Ganzen ſchwer werden. Bei den Kappen erzielt man zwar etwas vergröſserte Tragfähigkeit, wenn man ſie mit den Zwickeln als einen Körper bildet; aber dieſe Anordnung wird ſchwerer und teuerer als möglichſt dünne Tragbogen mit magerer leichter Ueberfüllung. Bezüglich dieſer Anordnung wurde dann für die 1,30 bis 1,50 m weiten Felder ein Vergleich eines Tragbogens mit $^1/_9$ Pfeilverhältnis aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 4 Teilen Kies nebſt Ueberfüllung aus 8 Teilen Schlacken mit 1 Teil Weiſskalk mit einem Bogen nebſt Zwickeln aus 1 Teil Zement und 6 Teilen Schlacken mit etwas Sand angeſtellt. Der Schlackenbeton beſaſs die 0,7fache Zugfeſtigkeit des Kiesbetons; machte man letzteren alſo 10 cm ſtark, ſo muſste der Schlackenbeton 14 cm dick ſein. Die Decke aus Schlackenbeton würde dann auf 1 qm 80 kg leichter als die aus Kiesbeton, aber nicht billiger. Da man aufserdem den Gehalt der Schlacken an Schwefelverbindungen fürchtete, ſo erſchienen die mit Schlackenbeton zu erzielenden Vorteile nicht durchſchlagend und man wählte den Kiesbetonbogen, teerte aber die oberen Trägerteile, um ſie einer etwaigen ungünſtigen Einwirkung des Schwefels in den Schlacken der Ueberfüllung zu entziehen. Nach oben wurden die Bogenkämpfer bis unter den oberen Trägerflanſch hinaufgezogen, um eine Art von Einſpannung zu erzielen.

Fig. 202.



So entſtand die in Fig. 202 dargeſtellte Anordnung, auf deren Ueberfüllung ein Parkettfuſsboden in Aſphalt verlegt, und welche von unten her abgeputzt wurde. Die Trägerflanſche blieben auch hier

150) Siehe: Deutſche Bauz. 1889, S. 491.

151) Siehe ebendaſ. 1890, S. 7.

Digitized by Google

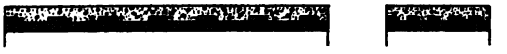
unten ſichtbar. Die Träger erleiden hier bei 660 kg für 1 qm Geſamtlaſt der Decke für 1 qcm 1000 kg Spannung. Die Koſten beliefen ſich auf 15,0 Mark für 1 qm, während der Anſchlag für Holzbalken mit Gipsdielen, Füllung, Parkett auf Blindboden und Deckenputz etwa nach Fig. 94 (S. 58), unter Erſatz der dort gezeichneten Spreutafeln durch Gipsdielen, 13,4 Mark für 1 qm und wegen der geringeren Laſt etwas weniger Mauerwerk ergab. Der Unterſchied erſchien nicht groſs genug, um die gewählte, jedenfalls ſicherere Anordnung aufzugeben.

e) Günſtige Erfahrungen mit Schlackenbeton giebt die Firma *Odorico* zu Frankfurt a. M. an. Kappen von 2,00 m Weite aus 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand und 7 Teilen Schlacken von Tauben- bis Hühnereigröſse ertrugen bei 12 cm Scheitelſtärke und 15 cm Kämpferſtärke im Alter von 4 Wochen nacheinander für 1 qm 1000 kg voller, 2600 kg einſeitiger und 2880 kg Belaſtung der mittleren Hälfte, ohne daſs ſich irgend welche Veränderungen gezeigt hätten. Die Kämpfer der Kappen waren mit Hilfe paarweiſer Anordnung der Balken (ſiehe Art. 85 [S. 95], ſowie Fig. 168 [S. 93]) kräftig unterſtützt.

103. *Zöllner*'s Verbund-wölbung.

Von verſchiedenen Seiten wird, namentlich auf Grund nordamerikaniſcher Verſuche, behauptet, daſs Fachausfüllungen aus Backſtein dem Feuer im ganzen beſſer widerſtänden als Betonflächen. Um nun die Vorteile der ſchnelleren und einfacheren, auch billigeren Herſtellung der Betonkappen möglichſt auszunutzen und doch den vollen Feuerſchutz der Backſteinkappen zu erzielen, empfiehlt *Zöllner*[152]) die ſog. »Verbundwölbung« für Balkenfache aus einer Lage von Ziegelſteinen (Fig. 203), die zunächſt auf der bogenförmigen Schalung verlegt mit Beton überſtampft wird und eben oder, zum Zwecke innigerer Verbindung mit dem Beton, mit nach oben vorſpringenden Rippen hergeſtellt ſein kann.

Fig. 203.



β) Mit Eiſeneinlagen.

104. Allgemeine Erörterung; Verbundkörper.

Bei der Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung aus im Bau eingeſtampftem Mörtel oder Beton mit Eiſeneinlagen kommen letztere zuerſt zu eingehenderer Behandlung; ſie müſſen daher hier zunächſt für ſich erörtert werden, und zwar ſoll die gleich für alle Arten der Umhüllung: Mörtel, Beton und Mauerwerk, der Ueberſichtlichkeit wegen zuſammen geſchehen. Später wird dann auf den vorliegenden Artikel verwieſen werden[153]).

Die Mauerwerks- und Betonkörper beſitzen bekanntlich eine ganz erheblich, meiſt etwa zehnfach gröſsere Widerſtandsfähigkeit gegen Druck als gegen Zug. Nun ſind aber alle »tragenden« Bauteile, insbeſondere die Decken, im Gegenſatze zu den nur oder ganz überwiegend Längsdruckkräften ausgeſetzten »ſtützenden«, wie Wände und Pfeiler, ſtets der Wirkung von Biegungsmomenten unterworfen, die bekanntlich in einem Teile eines Querſchnittes Druck-, in einem anderen Zugſpannungen hervorrufen. Da nun Mauerwerks- und Betonkörper letztere nur in geringem Maſse ertragen, ſo erſcheinen ſie für die Verwendung da, wo Biegungsmomente auftreten, wenig oder gar nicht geeignet. Dies iſt der Grund, weshalb dieſe an ſich ſo ſehr bewährten Bauſtoffe durch Jahrtauſende von der Verwendung für ebene Decken ausgeſchloſſen geblieben ſind. Bei Balken oder Platten beruht die Tragwirkung

---

152) *P. Zöllner & Co.* in Berlin. D. R.-G.-M. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1898, S. 1776.

153) Eingehende Erörterung findet ſich in: »Das Syſtem *Monier*« (Eiſengerippe mit Zementumhüllung) in ſeiner Anwendung auf das geſammte Bauweſen. Unter Mitwirkung namhafter Architekten und Ingenieure herausgegeben von G. A. Wayss, Ingenieur, Inhaber des Patentes *Monier* (14637). Berlin NW., Alt Moabit 97. Berlin 1897. — Der Einfluſs von Eiſeneinlagen wird nach Verſuchen von *Conſidère* eingehend unterſucht in: Schweiz. Bauz., Bd. 35, S. 235 — und: *Le génie civil*, Bd. XXXIV (1899), Heft 14 bis 17. — Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 83, 93.

Digitized by Google

allein auf der Aufnahme von Biegungsmomenten; bei Wölbungen kommt aus dem Schube eine Längsdruckkraft hinzu, welche in den Querſchnitten nur Druckſpannung erzeugt, und zwar bei entſprechender Bemeſſung und Geſtaltung der Wölbung in ſolchem Maſse, daſs dadurch die aus gleichzeitig wirkenden Biegungsmomenten erwachſenden Zugſpannungen aufgehoben oder gar überwogen werden, während ſich die aus beiden Urſachen folgenden Druckſpannungen vereinigen. So kommt es, daſs richtig bemeſſene Wölbungen in ihren Querſchnitten nur Druckſpannungen, wenn auch ungleichmäſsig verteilte, aufzunehmen haben und daher die Verwendung von Beton oder Mauerwerk eher geſtatten als ebene tragende Körper. Daher haben die Alten denn auch die Ueberdeckung von Räumen mit Mauerwerk in Form der Wölbung früh erlernt. Unter den neueren Anſprüchen unterworfenen Wölbungen, d. h. den flachen und hohen, beweglichen Laſten ausgeſetzten, kommt es aber ſehr häufig vor, daſs die Zugſpannungen aus den Biegungsmomenten die Druckſpannungen aus den Längsdruckkräften überwiegen. Solche Wölbungen ſind dann alſo, wenn auch in minderem Maſse als Platten und Balken, Zugſpannungen ausgeſetzt, und ihre Geſtaltung aus Mauerwerk und Zement begegnet daher bis zu gewiſſem Grade denſelben Schwierigkeiten, wie diejenige der Platten und Balken.

Im letzten Viertel des verfloſſenen Jahrhunderts iſt nun der Gedanke verfolgt, dieſe Schwäche der ſonſt ſo vorzüglichen Bauſtoffe gegen Zugſpannungen dadurch zu heben, daſs man ſie in den überwiegend gezogenen Teilen mit einem gegen Zug ſehr feſten Stoffe, meiſt dem Eiſen, in Verbindung bringt und, ſie ſo von der Aufnahme der Zugſpannungen entlaſtend, nur ihre Widerſtandsfähigkeit gegen Druck ausnutzt. Nach dieſem Gedanken, der zuerſt durch *Rabitz* und *Monier* in gröſserem Umfange zur Durchführung für Bauzwecke gelangte, ſich ſeither aber ſehr verbreitet hat, iſt es nun möglich, auch aus Beton oder Mauerwerk Körper herzuſtellen, die hohe Widerſtandsfähigkeit gegen Biegung beſitzen.

Annähernd müſſen die Eiſeneinlagen auf der einen Seite eines gebogenen Querſchnittes eine ebenſo groſse Zugkraft aufnehmen, wie die Mörtel-, Beton- oder Mauerwerksteile an Druck auf der anderen; da nun die auszunutzende zuläſſige Zugſpannung des Eiſens etwa 40- bis 125mal gröſser iſt als die zuläſſige Druckſpannung beſten Betons bis gewöhnlichen Mauerwerkes, ſo hätte man danach wegen Dreiecksverteilung des Druckes auf den gedrückten Teil der Fugen etwa den 20. bis 63. Teil der gedrückten Teile der Fugenflächen an Eiſenquerſchnitt einzubauen, um eine Zuſammenſetzung zu erhalten, in der beide Arten von Bauſtoffen voll ausgenutzt werden. Dieſe wirtſchaftlich wirkſamſte Zuſammenſetzung iſt nun leider nicht immer ausführbar; denn auf der Zugſeite befindet ſich auſser dem Eiſen auch noch der dieſes einhüllende Mauer- oder Mörtelkörper, deſſen Zugfeſtigkeit bekanntlich nur eine ſehr geringe iſt. Wird nun das Eiſen ſo eingebettet, daſs es unverſchieblich im umhüllenden Körper haftet, ſo müſſen die durch die Zugſpannungen in Eiſen und Umhüllung eintretenden Verlängerungen ſtets gleich bleiben, wenn keine Trennungen beider Teile voneinander eintreten ſollen. Nun iſt aber bei niedrigen Spannungen in der Umhüllung die Verlängerungsziffer des Eiſens für 1 kg Spannung auf 1 qcm mit 0,0000005 nur etwa ein Zehntel derjenigen der Umhüllung mit 0,000005 und nur etwa ein Zwanzigſtel derjenigen der Umhüllung mit 0,00001, wenn letztere höhere Spannungen auszuhalten hat. Daraus folgt, daſs mittels der Haftfeſtigkeit des Eiſens in der Umhüllung bei niedrigen Spannungen das Zehnfache der Spannung der Umhüllung auf das Eiſen übertragen werden muſs, damit gleiche Wirkungen in

Digitized by Google

beiden Teilen eintreten. Nun ſteigen aber die für die beſten Einhüllungsmittel zuläſſigen Zugſpannungen nur bis etwa 8 kg für 1 qcm; bei den meiſten ſind ſie niedriger. Sonach wird man bei ihrer Einhaltung nur etwa 10 . 8 = 80 kg für 1 qcm auf das Eiſen bringen können. Nimmt man an, es trüge mehr, ſo würde es ſich gegen die Umhüllung zuviel verlängern, daher aus der Umhüllung löſen müſſen. Um das Eiſen beſſer auszunutzen, muſs man ſich entſchlieſsen, über die an anderen Stellen als zuläſſig angeſehenen Spannungen hinaus, etwa bis zur Bruchgrenze der Umhüllung, zu gehen, die für verſchiedene Umhüllungsſtoffe etwa bei 6 bis 12 kg für 1 qcm beträgt. Dabei ſteigt dann die Ausdehnungsziffer für 1 kg Spannung auf 1 qcm in der Umhüllung etwa auf 0,00001, ſo daſs nun das Zwanzigfache auf das Eiſen übertragen werden kann und muſs, wenn gleiche Reckungen in beiden aufrecht erhalten werden ſollen. Man käme ſo zu einer Ausnutzung des Eiſens mit etwa 120 bis 240 kg für 1 qcm, die immer noch ſehr niedrig iſt, hat dann aber bereits Körper mit Spannungen, die über die gewöhnlich zugelaſſenen hinausgehen. Dieſe Körper ſind nun zwar noch völlig ſicher, da das Eiſen ja erheblich mehr tragen kann, vorausgeſetzt, daſs die Druckſpannungen auf der anderen Seite der Umhüllung nicht unzuläſſig hoch werden; aber man iſt der Entſtehung von Riſſen auf der Zugſeite ausgeſetzt, da man ſich in der Nähe der Bruchgrenze der Umhüllung befindet, die nach neueren Verſuchen *Conſidère*'s [154]) freilich durch die Eiſeneinlagen erhöht zu werden ſcheint. Solche Riſſe werden bei den geringen Längenänderungen des Eiſens nun zwar ſehr eng ſein; immerhin giebt es aber Fälle, in denen ſie unzuläſſig ſind, wie in den Flächen reich zu bemalender oder reich mit Stuck zu verſehender Decken u. ſ. w. Liegt ein ſolcher Fall vor, ſo bleibt nichts übrig, als die geringen zuläſſigen Spannungen der Umhüllung auf der Zugſeite einzuhalten und ſich damit zufrieden zu geben, daſs das Eiſen und die Druckſeite der Umhüllung nur mit einem geringen Teile ihrer zuläſſigen Leiſtungsfähigkeit ausgenutzt werden; die Konſtruktion wird dann zu Gunſten der Vermeidung aller Riſſe für die erforderte Tragfähigkeit zu ſtark. In ſolchen Fällen iſt in guten Betonumhüllungen durchſchnittlich mit der Dehnungsziffer 0,000005 zu rechnen und die Spannung im Eiſen iſt auf das etwa 10fache derjenigen der Umhüllung beſchränkt.

Hat man es aber mit Fällen zu thun, in denen feine, auf der Zugſeite entſtehende Riſſe unſchädlich erſcheinen, wenn nur die verlangte Tragwirkung geſichert iſt, wie dies bei den meiſten nicht beſonders fein auszuſtattenden Bauwerken zutrifft, ſo iſt man in der Lage, das Eiſen voll auszunutzen, indem man die Zugſeite der Umhüllung aufreiſsen läſst, wo und wie ſie will. Man hat dann noch das Mittel, die entſtandenen Riſſe ſpäter zu verſtreichen; dies wird aber nicht auf die Dauer helfen, da die bei jeder Be- und Entlaſtung eintretende Bewegung den Verſtrich doch wieder ſtören wird. Hierbei werden die Spannungen auf der Druckſeite der Umhüllung ſo hoch, daſs dieſe völlig ausgenutzt werden kann und muſs, und daſs man bei guten Betonumhüllungen durchſchnittlich mit der Dehnungsziffer 0,00001 zu rechnen hat, da dieſe mit wachſender Spannung bei derartigen Körpern zunimmt. Im allgemeinen ſtehen dieſe Ziffern leider noch wenig feſt.

Hiernach wird die Berechnung derartiger Verbundkörper demnächſt für zwei Gruppen von Fällen auf zwei verſchiedenen Grundlagen aufgebaut werden müſſen. Iſt die Entſtehung von Riſſen auszuſchlieſsen, ſo iſt mit niedriger Dehnungsziffer,

[154]) Siehe: Annalen f. Gewbe. u. Bauw., Bd. XLV (1899), S. 216. — Schweiz. Bauz., Bd. 35, S. 235. — *Le génie civil*, Bd. XXXV (1899), Heft 14 bis 17.

Digitized by Google

für gute Betonumhüllung etwa mit $\frac{s}{E} = 0{,}000005$, und mit den auch ſonſt für Zug als zuläſſig anerkannten Spannungen zu rechnen. Braucht man das Entſtehen von Riſſen nicht zu ſcheuen, ſo rechne man mit höherer Dehnungsziffer, für gute Betonumhüllung etwa mit $\frac{s}{E} = 0{,}00001$ der Umhüllung, und nutze dieſe auf der Druckſeite mit der äuſserſten zuläſſigen Druckſpannung, das Eiſen mit der in ihm zuläſſigen Zugſpannung aus.

105. Eigenartige Wirkung des Mörtels in Verbundkörpern.

Bei den mehrfach erwähnten Verſuchen *Conſidère*'s iſt neuerdings eine Beobachtung gemacht, welche die Gefahr des Entſtehens von Riſſen noch weniger bedenklich erſcheinen läſst, als ſie oben hingeſtellt wurde. Es wurde nämlich feſtgeſtellt, daſs mit Eiſendraht durchzogene Beton- und Mörtelkörper auch bei feinſter Unterſuchung noch keine Riſſe erkennen lieſsen, wenn ſie durch Zugſpannungen in einem Maſse gereckt waren, welches die Ueberſchreitung der Bruchgrenze des einhüllenden Stoffes bei dem Verſuche bewies. Um aber feſtzuſtellen, ob nicht dennoch unerkennbare Riſſe vorhanden ſeien, ſchnitt man aus den ſo gereckten Körpern nach deren Entlaſtung zwiſchen den Drähten reine Mörtelſtäbe heraus und fand durch neue Zugverſuche, daſs ſie in der That noch die ihrem Stoffe eigentümliche Feſtigkeit beſaſsen. Obwohl ſie alſo mit dem Eiſen verbunden eine Reckung erfahren hatten, die an einem reinen Mörtel- oder Betonkörper nicht hergeſtellt werden kann, weil er vorher reiſst, ſo waren dieſe Stäbe dennoch riſſefrei und überhaupt in ihrem Gefüge nicht beeinträchtigt.

Dieſe zunächſt überraſchende Einwirkung der Eiſeneinlagen auf den Umhüllungsſtoff, die nur ſo lange wirkt, als beide verbunden ſind, nach der Trennung aber wieder verſchwindet, alſo nicht etwa eine chemiſche ſein kann, iſt vielleicht in folgender Weiſe zu erklären.

Bei höher belaſteten Verbundkörpern tritt ſehr bald in der Umhüllung des Eiſens eine ihre Streckgrenze überſchreitende Spannung auf, die dann kaum noch einer Steigerung bedürfte, um in dem vom Eiſen unabhängigen Körper in der bekannten Weiſe in Kürze den Bruch zu bewirken, wie ja auch beim Eiſen nach Ueberſchreiten der Streckgrenze zur Erzielung des Bruches nur geringe Spannungserhöhung erforderlich iſt. Beim freien Körper erfolgt hierauf die Streckung ſehr bald nur noch an der durch Zufälligkeiten ſchwächſten Stelle, die dann die bekannte Einſchnürung annimmt und bricht, während die übrigen Querſchnitte kaum eine weitere Formänderung zeigen, alſo durch die Nachgiebigkeit der ſchwächſten Stelle ſozuſagen entlaſtet werden.

Iſt die Umhüllung nun aber in Verbindung mit dem ſehr viel feſteren Eiſen, welches auch bei Erreichung der Streckgrenze in der Umhüllung immer noch ſeiner Feſtigkeit gegenüber geringe Spannungen aufzunehmen hat, ſo wird die Umhüllung verhindert, den zum Bruche führenden ſchnellen örtlichen Fortſchritt der Streckung anzunehmen; vielmehr wird die umhüllende Maſſe gezwungen, eine für die ganze Länge gleichmäſsige Streckung anzunehmen, die der Längenänderung des Eiſens entſpricht, und ſie kann dieſe Streckung, ohne zu brechen, erleiden, da die Streckungen nach Ueberſchreitung der Streckgrenze bekanntlich um ein erhebliches fortſchreiten können, ohne daſs dazu eine weſentliche Erhöhung der Spannung erforderlich wäre.

Der bei hoher Belaſtung der Verbundkörper eintretende Vorgang ſcheint danach folgender zu ſein. Zunächſt wachſen die Spannungen in Eiſen und Umhüllung ganz

Digitized by Google

oder nahezu geradlinig derart an, dafs die elaftifchen Reckungen des Eifens gleich den elaftifchen und bleibenden der Umhüllung bleiben. Ift aber die Streckgrenze des Stoffes der Umhüllung erreicht, fo giebt diefe den weiteren Reckungen des Eifens nach, ohne dabei noch gröfsere Spannungen aufzunehmen, aber auch ohne bei einem erheblichen Mafse weiterer Reckung zu reifsen. Danach kann man fich die widerftehende Wirkung des Mörtels in der Zugfeite einer gebogenen Umhüllung fo denken, dafs die Spannung von der Nulllinie aus nach aufsen nahezu geradlinig zunimmt, bis fie in einiger Entfernung von der Nulllinie die Streckgrenze erreicht; alle noch weiter nach aufsen liegenden Teile der Zugfeite leiften dann die der Streckgrenze entfprechende Spannung, ohne ihre Leiftung bei wachfender Belaftung noch zu erhöhen. Wird der Körper alfo nicht gebogen, fondern nur gezogen, fo hätte man zur Feftlegung der Widerftandsfähigkeit des Ganzen zuerft den Querfchnitt der Umhüllung als mit der Spannung an der Streckgrenze wirkend zu berechnen und den darüber hinaus erforderten Widerftand allein dem Eifen aufzubürden. Erft wenn in folcher Weife in letzterem zu hohe Spannungen entftehen, erfcheint der ganze Verbundkörper gefährdet.

Diefe Anfchauungen fcheinen beftimmt zu fein, eine fichere Grundlage für die Berechnung von Verbundkörpern zu fchaffen, und wir werden den Aufbau der Berechnungen auf denfelben als Grundlage in Kap. 9 mitteilen, wenn auch ihre Richtigkeit immerhin noch der Beftätigung bedarf und wenn auch die Streckgrenze für die in Frage kommenden Stoffe noch nicht genügend feftfteht. Wir werden jedoch im vorliegenden Hefte die ftatifchen Nachweife in erfter Linie noch auf den oben umfchriebenen, heute wohl als zweifellos etwas übertrieben ficher zu bezeichnenden Boden ftellen, dafs man in der Umhüllung die für Zug auch ohne Eifenlagen zuläffigen Zugfpannungen nicht überfchreiten darf, wenn man gegen das Entftehen von Riffen als Folge der Spannungen gefichert fein will, dafs man aber die Umhüllung als keinen Widerftand leiftend zu betrachten hat, fobald diefe Grenze der zuläffigen Zugfpannung überfchritten wird. Formeln, entwickelt unter Einführung der eigentümlichen Wirkung der Streckgrenzenfpannung, find auch verfchiedentlich bereits anderwärts aufgeftellt[155]); fie ergeben felbftverftändlich fchwächere Körper als die von uns oben feftgeftellte Grundlage der Berechnung.

106. Wechfel der Spannungen nach Art und Ort.

Hat man es mit Bauteilen zu thun, deren Querfchnitte Momenten wechfelnden Sinnes ausgefetzt find, fo dafs jede Seite bald Zug, bald Druck erhält, fo hat man jeder Seite eine Eifeneinlage zu geben. Dies tritt z. B. bei aus folchen Verbundkörpern hergeftellten, wechfelnder Belaftung ausgefetzten Bogen ein. Bei folchen Konftruktionen ift für den Fall, dafs fie, nach der zweiten Grundlage berechnet, der Entftehung von Riffen ausgefetzt find, der Gedanke unangenehm, dafs eine Stelle, welche bei einem Laftzuftande aufgeriffen ift, bei dem durch Veränderung der Laftftellung eintretenden Wechfel des Sinnes des Angriffsmoments nun Druck übertragen mufs. Man braucht diefes Verhältnis aber in der That nicht zu fcheuen; denn die feinen Riffe, welche, wenn fie entgegen den obigen Ausführungen wirklich auftreten, dann ftets faft genau rechtwinkelig zur Richtung des Druckes ftehen, ftören die Aufnahmefähigkeit der Umhüllung für Druck wenig, und die Beweglichkeit des Bogens wird durch Oeffnen und Schliefsen diefer feinen

155) Siehe: *Le génie civil*, Bd. XXXIV (1899), Heft 14 bis 17. — Schweiz. Bauz., Bd. 35, S. 235; Bd. 36, S. 159. — Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 83, 93. — Bauing.-Ztg. 1901, S. 9. — *Revue technique de l'expofition univerfelle de 1900.* Paris 1900. Teil I, Bd. 2, S. 36. — Vergl. auch die Quellenangaben zu Kap. 9.

Digitized by Google

Riſſe nicht geſteigert, da deren Weite ja nur der ſo wie ſo eintretenden Verlängerung und Verkürzung der Eiſeneinlage entſpricht.

Daſs die Eiſeneinlage ſtets auf der Seite der Verbundkörper liegen muſs, auf der die Zugſpannungen wirken, folgt aus dem Geſagten ohne weiteres. Hat man es alſo mit Körpern zu thun, bei denen an verſchiedenen Stellen Zug- und Druckſeite wechſeln, wie z. B. bei einer über mehrere Träger durchlaufenden Platte, welche über den Trägern oben, in der Mitte der Fache unten gezogen iſt, ſo entſteht eine geſchlängelte Geſtalt der Eiſeneinlage; im angedeuteten Falle liegt ſie über den Trägern der Oberſeite, in den Fachmitten der Unterſeite der Platte nahe.

107. Abſtand der Eiſeneinlage von der Aufsenfläche.

Bezüglich des Abſtandes der Eiſeneinlage von der Aufsenfläche ſind die Umſtände maſsgebend, daſs die Wirkung um ſo günſtiger wird, je näher die Einlage der Aufsenfläche liegt, daſs aber andererſeits die Umhüllung des Eiſens nach der Aufsenfläche hin noch ſtark genug ſein muſs, um ſicher zu ſein, d. h. namentlich, um verhüten zu können, daſs die Vorgänge der Spannungsentwickelung die zu ſchwache Mörtelleiſte vor dem Eiſen ausſprengen, ſo daſs dieſes dann nach aufsen frei liegt. In guten Mörtel eingelegte dünne Drähte und rechtwinkelig zur Aufsenfläche ſtehende dünne Bandeiſen werden von 0,5 cm Mörtel noch ſicher eingehüllt; ſtärkeren Drähten wird man mindeſtens 1 cm Abſtand von der Aufsenfläche geben, und ſtärkere Eiſen erfordern gröſsere Abſtände, namentlich wenn es ſich um Einbettung in Beton handelt, da dann der ſichere Schluſs aufserhalb des Eiſens von der Korngröſse des verwendeten Steinſtoffes abhängt. Auch iſt zu beachten, daſs das ſichere Einſtampfen unter breiten Körpern ſchwierig wird, wenn die Schicht zwiſchen Eiſenkörper und Rüſtung oder ſonſtiger Unterlage zu dünn wird. Will man z. B. groſse I-Träger in groben Beton einſtampfen, ſo wird man die Flanſchkante wohl mindeſtens 12 cm von der Aufsenfläche ablegen müſſen. Beſonders ſchwierig iſt das Einbetten dünner Bandeiſen mit der Breite in der Richtung der Aufsenfläche, eine theoretiſch ſehr wirkſame Anordnung, die aber an der Schwierigkeit des ſicheren Schlieſsens der Umhüllung aufserhalb der breit liegenden Bandeiſen ſcheitert.

108. Fortſchreiten des Einſtampfens.

Ferner iſt auf den richtigen Fortſchritt des Einſtampfens achtzugeben. Wählt man dieſen ſo, daſs es nötig wird, friſchen Mörtel oder Beton gegen ſchon abgebundenen zu bringen, ſo wird man zwiſchen beiden Trennungsfugen erhalten, die bezüglich ſicherer Aufnahme der Längs- und der Scherſpannungen verſagen. Das Fortſchreiten iſt ſo zu wählen, daſs ſich das Nachfolgende ſtets ſicher mit dem Vorhergehenden verbindet und daſs keine Hohlräume unter oder hinter ſtarken Eiſeneinlagen entſtehen.

Bezüglich der Art des Einbringens wird wohl die Regel aufgeſtellt, daſs Schichten rechtwinkelig zur Richtung der gröſsten Längsſpannungen gebildet und in der Richtung dieſer Spannungen geſtampft werden ſollen. Dieſe Regel iſt meiſt ſchwer zu befolgen und führt durch den entſtehenden Zeitverluſt unter Umſtänden gerade zu Verſchlechterungen. Wenn die zuerſt angeführten Vorſchriften beachtet und alle Teile nur überhaupt gut geſtampft, bei Mauerwerk die Fugen ſatt gefüllt und feſt geſchloſſen werden, ſo wird aus der Nichtbeachtung der letzteren Regel kein Schaden erwachſen.

109. Einfluſs des Wärmewechſels.

Gegen dieſe Verbundkörper iſt anfangs der Einwand erhoben, daſs der Zuſammenhang der beiden ganz verſchieden gearteten Stoffe durch Wärmewechſel gefährdet werden müſſe. Dieſer Einwand iſt nicht ſtichhaltig, da die Wärmeaus-

Digitized by Google

dehnungsverhältniſſe beider Stoffe, des Eiſens und der Umhüllung, faſt völlig übereinſtimmen, und das ganz eingehüllte Eiſen kann keinen erheblich anderen Wärmegrad annehmen als die Umhüllung; letztere ſchützt als ſchlechter Wärmeleiter mit vergleichsweiſe geringer Oberfläche das Eiſen.

110. Inhaltsunbeſtändigkeit des Mörtels.

Ein ſehr viel gewichtigerer Einwand gegen dieſe Verbundwirkung ergiebt ſich aus der Inhaltsunbeſtändigkeit der Mörtel, insbeſondere des Zements und der Zementmörtel[156]). Unter Waſſer erhärtend, dehnen ſich die Mörtelkörper bis zur Dauer von etwa drei Jahren aus, während das Eiſen ſeine Länge zu wahren ſucht. Die Folge iſt, daſs ſich das Eiſen der Ausdehnung widerſetzt, dabei ſelbſt Spannung erleidend, und der Mörtelkörper gezwungen wird, ſeine Ausdehnung auf das für ſeine Natur zu geringe Maſs zu beſchränken, welches ihm das Eiſen durch ſeine geringe Verlängerung zugeſteht. Dieſe Beſchränkung der Ausdehnung des Mörtelkörpers kann aber nur durch Entſtehung von Druckſpannung im Mörtel zu ſtande kommen, welche nahe an den Eiſeneinlagen am gröſsten iſt, weiter nach auſsen abnimmt und in einem gewiſſen, aber groſsen Abſtande vom Eiſen verſchwindet. Hat man es alſo mit einem Verbundkörper beſchränkter Abmeſſungen zu thun oder kehren die Eiſeneinlagen in einem gröſseren Körper in geringen Abſtänden wieder, ſo wird man es bei Lage unter Waſſer nach dem vollſtändigen Abbinden mit einem künſtlichen Zuſtande von bleibender Spannung zu thun haben, welcher das Eiſen zieht, den Mörtel zuſammendrückt. Macht man den Eiſenquerſchnitt ſchwach genug, ſo wird es unzweifelhaft gelingen, die Einlage lediglich mittels des Abbindens des Mörtels abzureiſsen. Dieſe Gefahr tritt aber bei den vorkommenden Querſchnittsverhältniſſen zwiſchen Mörtel und Eiſen nicht ein. Der ſo geſchaffene Zuſtand kann ſogar als ein günſtiger bezeichnet werden; denn die Gefahr für die Mörtelteile lag in der Zugbeanſpruchung durch die Belaſtung, die durch die vor Auftreten der Laſt vorhandenen Druckſpannungen verringert, vielleicht in einzelnen Fällen aufgehoben wird. Dabei vereinigen ſich allerdings die anfänglichen und die aus der Laſt entſtehenden Druckſpannungen auf der Druckſeite, und die entſprechende vergröſsernde Vereinigung von Zugſpannungen geht in der Eiſeneinlage vor ſich. Da aber der Mörtel gegen Druck ſehr viel widerſtandsfähiger iſt als gegen Zug und die Eiſeneinlagen nach den obigen Auseinanderſetzungen ſehr häufig nicht annähernd voll ausgenutzt ſind, ſo haben dieſe Spannungsvergröſserungen wenig Bedenkliches. Bei der Berechnung ſolcher Verbundkörper wird in Kap. 9 auch nachgewieſen werden, daſs eine Längsdruckkraft für ſie gegenüber dem Angriffe von Biegungsmomenten geradezu als eine günſtige Entlaſtung aufgefaſst werden kann.

Hiernach iſt die Inhaltsunbeſtändigkeit der Mörtelkörper bei Lage unter Waſſer eher als günſtiger denn als ungünſtiger Umſtand anzuſehen, der jedoch bei der Feſtſetzung der Abmeſſungen nicht aus dem Auge zu laſſen iſt, damit nicht gegen die Abſicht dünne Eiſeneinlagen auf Zug und die Druckſeite des Körpers auf Druck überlaſtet werden.

Leider ſtellen ſich dieſe Verhältniſſe ungünſtiger bei dem hier in Frage kommenden, an der Luft erhärtenden Verbundkörper; denn in dieſem Falle ſuchen ſich Zement- und Mörtelkörper nach einem Verhältniſſe zu verkürzen, welches dem Verlängerungsverhältniſſe einer ſchon hohen Zugſpannung entſpricht. Das Ver-

156) Vergl. die Unterſuchungen *Conſidère's* über Verbundkörper aus Mörtel und Eiſen in: *Le génie civil*, Bd. XXXIV (1899), Heft 14 bis 17. — *Revue induſtrielle*, Bd. XXIX (24. Dez. 1898), S. 518; Bd. XXX (Januar 1899), S. 28. — Glaser's Annalen f. Gewbe. u. Bauw., Bd. 45 (1899), S. 216. — Zeitſchr. f. Berg-, Hütten- u. Maſchinen-Ind., Bd. XIX (1900), S. 10. — Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 83, 93.

Digitized by Google

kürzungsverhältnis beim Abbinden in drei Jahren beträgt bei reinem Zement etwa 0,002, das Verlängerungsverhältnis für 1 kg Spannung auf 1 qcm aber 0,000093; fomit ift ein Zug von $\frac{0{,}002}{0{,}000093} = 21{,}5$ kg für 1 qcm nötig, um dem Körper feine urfprüngliche Länge wieder zu erteilen. Nun wird der Verbundkörper um fo kräftiger verhindert, die angeftrebte Verkürzung wirklich auszuführen, je mehr Eifenquerfchnitt er enthält; denn das Eifen widerfetzt fich der Verkürzung nach Mafsgabe des Unterfchiedes feines Verkürzungsverhältniffes für 1 kg Spannung auf 1 qcm und desjenigen der Umhüllung, hindert letztere, die diefem Unterfchiede entfprechende Verkürzung auszuführen, erzeugt alfo fo beträchtliche Zugfpannung in derfelben, dafs fie dadurch allein in vielen Fällen über das zuläffige Mafs hinaus gezogen werden wird. In der Eifeneinlage entftehen dabei Druckfpannungen, die nachher die Zugfpannungen aus der Belaftung vermindern, und ebenfo verringert die Zugfpannung aus der Verhinderung der Verkürzung in der Umhüllung die Druckfpannung aus der Laft auf der Biegungsdruckfeite. Diefe Entlaftungen nutzen aber nichts, da fie Teile betreffen, die ihrer nicht bedürfen. Auf der Biegungszugfeite der Umhüllung kommt aber die Zugfpannung aus der Laft zu der aus der Verhinderung der Verkürzung, und diefe Vereinigung wird fehr häufig Spannungen liefern, die die Bruchgrenze erreichen oder überfchreiten, und fo wird man das Entftehen feiner Riffe auf der Zugfeite mit noch gröfserer Wahrfcheinlichkeit erwarten müffen, als fich aus den früher angeführten Gründen ergiebt.

Mit diefem Gedanken wird man fich bei Verwendung der Verbundkörper abfinden müffen, da die Urfachen der gefchilderten Erfcheinungen nicht zu befeitigen find. Zu erwähnen ift aber noch, dafs die Inhaltsunbeftändigkeit um fo mehr fchwindet, je weniger Mörtelkittmaffe der Körper enthält; am ungünftigften find daher in diefer Beziehung reine Zementkörper, darauf folgen fette und magere Zementmörtelkörper, verlängerte Zementmörtel-, fette und magere Beton- und fchliefslich Mauerwerkskörper in der angegebenen Reihenfolge. Bei überwiegend aus Stein beftehenden Mauerwerkskörpern verfchwinden die gefchilderten ungünftigen Erfcheinungen faft ganz; dagegen find Beton- und Zementmörtelkörper nicht viel günftiger als folche aus reinem Zement, weil ihrer gröfseren Inhaltsbeftändigkeit zugleich ganz erheblich niedrigere Zugfeftigkeiten gegenüberftehen.

III. Haften der Umhüllung an den Eifeneinlagen.

Vorausfetzung für das Zuftandekommen der gefchilderten Tragwirkung und für das Eintreten der übrigen Erfcheinungen an den Verbundkörpern ift das völlig unverfchiebliche Haften der Umhüllung an den Eifeneinlagen innerhalb der Spannungsgrenzen, die in Frage kommen. Ift diefes Anhaften nicht erzielt, kann fich alfo die Umhüllung längs gegen die Einlagen beliebig verfchieben, fo find die letzteren faft völlig nutzlos für die Tragwirkung. Bezüglich des Grades diefes Anhaftens findet man vielfach [157]) das Mafs von 40 kg für 1 qcm Eifenoberfläche angegeben, das alle in diefer Beziehung vorkommenden Bedürfniffe überfteigt. Diefes durch Verfuche feftgeftellte Mafs wird fich erreichen laffen, wenn man das metallifch reine Eifen mit der Säure des Zements überall in fatte Berührung bringt und dafür forgt, dafs hinreichend lange freie Kiefelfäure vorhanden ift, um die kiefelfauren Eifenverbindungen entftehen zu laffen, auf deren Bildung die Erfcheinung des Haftens von Eifen im Mörtel zu beruhen fcheint. Diefe Bedingungen find aber leider bei Bauausführungen felten erfüllt. Selbft das reine Eifen ift von der

[157]) Z. B. von *J. F. Kleine* in Erbach.

Digitized by Google

Erzeugung her mit Oxydationserzeugniſſen bedeckt, trägt meiſt eine dünne Roſtſchicht, ja häufig Schmutz und Fett auf der Oberfläche; die Vollſtändigkeit der Einbettung kann nicht überwacht werden, und die unvollkommene Miſchung oder die Magerkeit des umhüllenden Mörtels ſtellen das Vorhandenſein genügender Mengen von nicht abgebundener Mörtelkittmaſſe oft in Frage. So findet man denn beim Aufſchlagen ſolcher Verbundkörper in der Mehrzahl der Fälle, daſs ſich das Eiſen ohne weiteres aus der Umhüllung löſt und daſs Verbindungen des Eiſens mit den Mörtelbeſtandteilen nicht eingetreten ſind, daſs die Mörtelfläche, an der das Eiſen lag, vielmehr einen ſpiegelnden Glanz zeigt. Auch dieſer Umſtand ſteht der vollen Ausnutzung der Verbundkörper entgegen; jedenfalls iſt es nicht ratſam, auf das Vorhandenſein erheblichen Widerſtandes gegen Scherſpannungen zwiſchen Eiſen und Mörtel zu rechnen, aber empfehlenswert, fette Mörtel zu verwenden, die dann wieder die Folgen der Inhaltsunbeſtändigkeit ſteigern.

112. Widerſtände gegen Verſchieben der Eiſeneinlagen.

Um nun einen Erſatz für das recht fragliche chemiſche Anhaften des Eiſens an der Umhüllung zu ſchaffen, werden in vielen Anordnungen Mittel verwendet, um das Haften durch Anbringen von Widerſtänden gegen Verſchiebung zu erzielen. Dieſe kommen alle auf eine ſolche Geſtaltung der Eiſeneinlagen heraus, daſs das Herausziehen derſelben auch dann nicht möglich iſt, wenn die chemiſche Verbindung ausbleibt. Im folgenden werden viele derartige Mittel vorgeführt werden. Der Erfolg dieſer Mittel wird noch durch den Umſtand gefördert, daſs das Beſtreben der Umhüllung, ſich beim Abbinden an der Luft zuſammenzuziehen, die Einlagen in gewiſſem, geringem Grade einklemmt, alſo die Reibung zwiſchen beiden Körpern erhöht.

113. Geſtaltung der Eiſeneinlagen.

Die Geſtaltung der Eiſeneinlagen[158]), die aus naheliegenden Gründen möglichſt einheitlich und einfach ſein ſollte, zeigt, wohl wieder mit aus Anlaſs des Strebens nach Erteilen von Patenten, eine ziemlich reiche Muſterreihe; die wichtigſten führen wir hierunter an. Ihre Beſchreibung kann kurz ausfallen, da der Leſer nach den obigen Auseinanderſetzungen ſelbſt in der Lage ſein wird, den Wert der einzelnen Konſtruktion abzuſchätzen. Hier kommt es nur darauf an, die verſchiedenen Formen der Einlagen vorzuführen; ihre Verwendung zu Bauausführungen wird weiter unten ausführlich erörtert.

114. Drahtgewebe und -Netze.

Die erſte hier vorzuführende Konſtruktion bilden die Drahtgewebe und -Netze. Einige Muſter von Netz- und rechtwinkeligen Gewebeeinlagen[159]) zeigen Fig. 204, 205 u. 206. Sie ſind verwendet von *Monier*, *Rabitz*, *Weyhe*, *Contancin*, *Roebling*, *Donath*, *Lilienthal* in der »Terraſt«-Decke u. ſ. w.

Fig. 204.

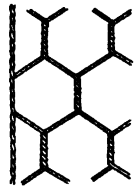


Fig. 205.

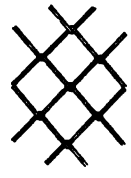
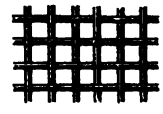


Fig. 206.



Dieſe dünnen Drahtkörper betten ſich gut ein und geben durch ihr Gefüge ein ſtarkes Haften im Mörtel, auch wenn dieſer nicht an das Eiſen ſelbſt anbindet. Es liegt auf der Hand, daſs Gebilde wie in Fig. 206 am günſtigſten ſind, da ſie ausgeſprochenen Kraftrichtungen gut entſprechen, während die Netze

[158]) Aufser den in den folgenden Fufsnoten angegebenen Quellen ſiehe: Schweiz. Bauz., Bd. 36 (1900), S. 93. — Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 97, 117.

[159]) Erzeugt und geliefert u. a. von: *C. S. Schmidt* in Niederlahnſtein; *H. Hoffmann* in Berlin; *Gebr. Dehler* in Saalfeld i. Th.; *Ph. Boecker* in Hohenlimburg-Unternahmer; *F. Garelly jun.* in Saarbrücken; *K. Brückel* in Düſſeldorf; *W. Vollmann* in Gevelsberg i. W.

Digitized by Google

nach Fig. 204 u. 205 des Widerſtandes der Umhüllung bedürfen, um bei ſtarker Belaſtung vor Verzerrungen geſichert zu ſein.

115. Bleche.

Weiter werden Bleche als Eiſeneinlagen verwendet. Eine neuerdings viel angeprieſene und namentlich in Nordamerika benutzte Blechform iſt das in Fig. 207, 208 u. 209 dargeſtellte Blechnetz[160]). Das Blech wird nach dem in Fig. 207 dargeſtellten Muſter eingeſchnitten und in der Pfeilrichtung auseinander gezerrt, ſo daſs Formen wie in Fig. 208 u. 209 entſtehen. Das rhombiſche Netz, deſſen Maſchenſeiten von den beim Oeffnen der Maſchen windſchief verdrehten Blechſtreifen gebildet werden, bildet einen Körper, der ſich mittels der vielen Vorſprünge, in die der Mörtel eingreift und der Löcher, durch die er durchbindet, ſehr innig mit der Umhüllung verbindet,

Fig. 207.

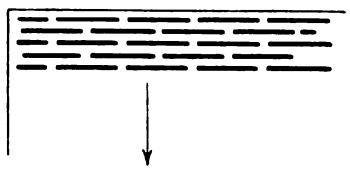


Fig. 208.

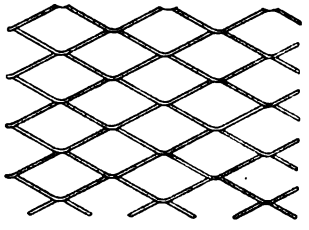
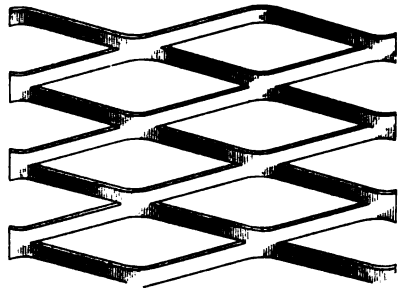


Fig. 209.

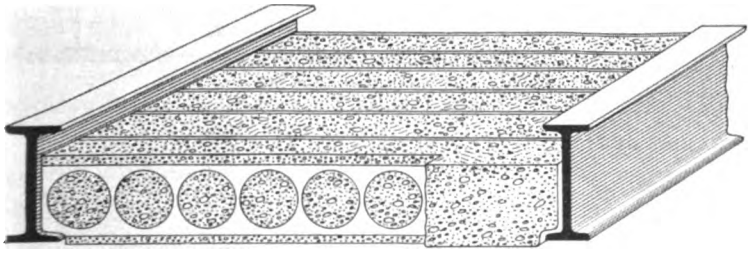


aber keine hohen Spannungen verträgt, weil die Art der Herſtellung das Gefüge des Eiſens ſtört und weil keine Längsformen geradlinig in der Richtung der gröſsten Spannkräfte durchlaufen.

Neuerdings werden dieſe Blechnetze auch in Deutſchland[161]) und Frankreich[162]) eingeführt. Sie tragen die Bezeichnungen »Streckmetall«, *Expanded metal* und *Métal déployé*.

E. Krieg & P. Zivy in Grand-Montrouge (Seine) liefern als Einlage in Beton nach den verſchiedenſten Muſtern, Lochweiten und Stegbreiten rund oder quadratiſch gelochte Stahl- und Eiſenbleche, welche hohe Feſtigkeit ergeben werden, da die verbliebenen Blechteile keiner gewaltſamen Bearbeitung ausgeſetzt ſind. Bei hinreichender Zahl und Gröſse der Lochung findet eine ſichere Verbindung der Betonlagen auf beiden Seiten des Bleches ſtatt (*Métaux perforés*).

Fig. 210.



Aehnliche Einlagen führt *Golding*[163]) in Nordamerika aus Stahl- und Flufseiſenblechen ein.

[160]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIV (1895), S. 391; Bd. XXXVII (1897), S. 255, 269. — *Revue technique*, Bd. XIX (1898), S. 265. — *Engng.* 1900 — II, S. 331. — *Revue technique*, Bd. XXI (1900, Juli), S. 289.

[161]) In Deutſchland vertreten durch *Schüchtermann & Krämer* in Dortmund.

[162]) Saint-Denis bei Paris. *Revue technique*, Bd. XIX (1899), S. 319.

[163]) Siehe: Zeitſchr. f. Arch. u. Ing. 1898, Wochausg., S. 752.

Digitized by Google

C. Weyler in Heilbronn ſtellt die Bleche hochkantig, während bei den oben erwähnten Blechformen flache Lage vorausgeſetzt iſt. Er verſieht ſie nach Fig. 210 mit ſehr groſsen Löchern, ſo daſs das Durchbinden des Mörtels geſichert iſt. Auf dieſe Weiſe entſtehen nahe bei den Aufsenflächen der Umhüllung Eiſengurte, die

Fig. 211.

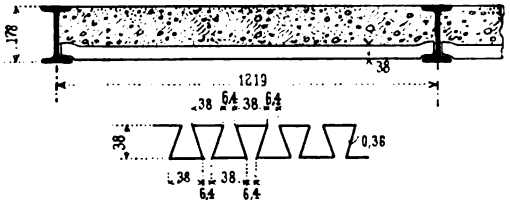


Fig. 212.

Fig. 213.

im Inneren durch ſchmale Stege verbunden ſind, alſo ein ſehr feſt geſchloſſenes Gefüge der Einlage und ſtarkes, von den chemiſchen Wirkungen unabhängiges Haften ergeben.

Die Blecheinlage von *Bailey*[164]) beſteht im Gegenſatze zu den vorigen nicht aus gelochten, ſondern aus nach Fig. 211 trapezförmig zuſammengebogenen Blechen, welche den unteren Abſchluſs bilden, alſo nicht umhüllt werden, ſondern ſelbſtändige Trägerwirkung beſitzen. Bei guter Ausfüllung der nach oben offenen Trapezräume kommt daneben auch die Verbundwirkung in gewiſſem Maſse zu ſtande. Die nach unten offenen Trapezräume können zum Einlegen von Befeſtigungsmitteln für eine Decke verwendet werden.

Fig. 214.

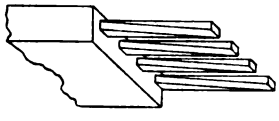
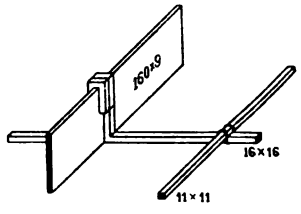


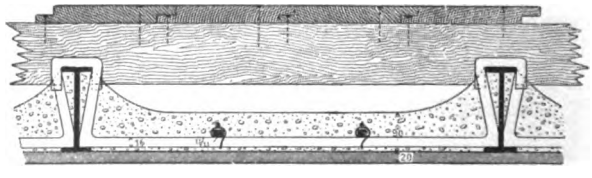
Fig. 215.



116. Quadrateiſen.

Quadrateiſen ſind nach Fig. 212 in Nordamerika ſchon früh als Einlagen verwendet. Sie haben den Vorteil, daſs ſie bei beſtimmtem Querſchnitte verhältnismäſsig viel Oberfläche beſitzen, daher vergleichsweiſe gutes Haften im Mörtel ergeben, ſoweit die chemiſche Verbindung in Frage kommt. Um die Feſtigkeit des Haftens darüber hinaus zu erhöhen, werden die Quadrateiſen meiſt nach Fig. 213 u. 214 um ihre Längsachſe verdreht[165]). Fig. 215 u. 216 zeigen Beiſpiele der Verwendung von Quadrateiſen aus franzöſiſchen Konſtruktionen, Fig. 217 aus einer amerikaniſchen[166]).

Fig. 216.



117. Rundeiſen.

Rundeiſen gehören wegen der bequemen Verwendung, des leichten Bezuges und des niedrigen Preiſes zu den beliebteſten Einlagen, obgleich ihre Form mit dem Geringſtwerte der Oberfläche für das Haften nicht eben die günſtigſte iſt. Um ſie gut in die Umhüllung zu binden, werden ſie wohl mit feinen Drähten feſt umwickelt,

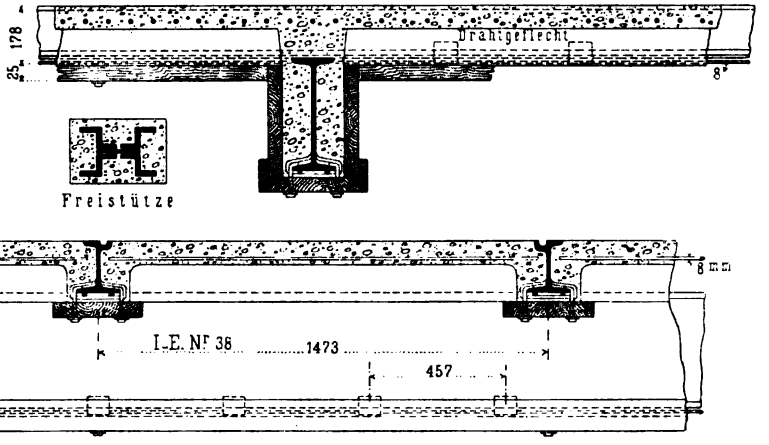
164) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 15.

165) Siehe: *Nouv. annales de la conſtr.* 1887, S. 29. — Zeitſchr. f. Berg-, Hütten- u. Maſchinenind., Bd. XVII (1898), S. 57.

166) Siehe: *Ranſome-concrete-floor. Engineering news*, Bd. XXXIX (1898), S. 398. (In Fig. 217 deuten die runden Punkte die Quadrateiſen an.)

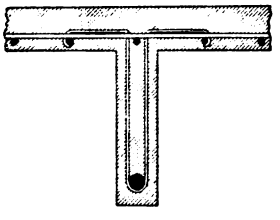
Digitized by Google

Fig. 217.



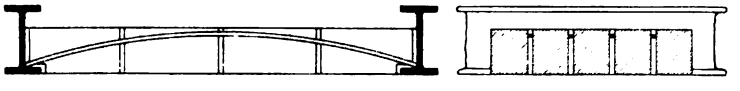
die dann noch angelötet werden. Liegen mehrere Rundeiſen einander nahe, ſo werden ſie meiſt durch quer gezogene und umgeſchlungene dünne Drähte oder auch durch Blechſchlingen verbunden, wodurch auch eine Verſtärkung der Einbindung in die Umhüllung erzielt wird.

Fig. 218.



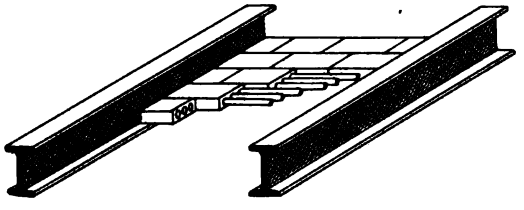
Eine beſonders verbreitete Verwendung des Rundeiſens bringt die Bauweiſe *Hennebique*[167]) mit ſich, nach der Tragwerke groſser Weite wie auch kleinere aus einem durch Draht und Bandeiſen verſteiften Gerippe durch Einhüllung in Mörtel oder Beton hergeſtellt werden (Fig. 218). Beſonders beliebt iſt dabei die Anordnung von vorſpringenden Rippen unter einer Platte, die an der äuſserſten Kante durch Rundeiſen verſtärkt, dieſen bezüglich der Druckſeite der ganzen Anordnung einen groſsen Hebel und ſo dem Ganzen ein groſses Widerſtandsmoment geben.

Fig. 219.



Sonſtige Beiſpiele der Verwendung von Rundeiſen zeigen Fig. 219 bis 221. In Fig. 218[168]) ſind die Rundeiſen ohne jede Verbindung mit anderen Teilen als ſelbſtändige Abſchnitte dem Beton eingefügt. In Fig. 219[169]) bilden ſie Einlagen in den Fugen einer gemauerten Platte. In Fig. 220[170]) ſind ſie in die Löcher von Lochſteinreihen eingelegt. In Fig. 221[171]) ſind ſie durch Umbiegen der Enden in innigere Verbindung mit den Balken einer Betonplatte gebracht,

Fig. 220.



[167]) Von vielen anderen Quellen wird hier genannt: Zeitſchr. f. Berg-, Hütten- u. Maſchinenind., Bd. XVII (1898), S. 57. — *Le génie civil*, Bd. XXXIII (1898), S. 54. — Weiteres bei der Einzelbeſprechung in Art. 138.

[168]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIX (1898), S. 398.

[169]) Victoria-Decke. Geſellſchaft Hanſa in Bremen.

[170]) Erzeugt von: *Demski* in Wien.

[171]) Erzeugt von: *Chrometzka* in Breslau. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1477.

Digitized by Google

gegen die ſie durch ſchräges Antreiben kräftig verſpannt ſind. Als Einlage in die entſprechend geſtalteten Fugen von Hakenformſteinen verwendet *Donath*[172]) das Rundeiſen, und zwar mit vergleichsweiſe groſsem Durchmeſſer.

118. Bandeiſen.

Bandeiſen finden gleichfalls vielfach Verwendung, obwohl ſie nicht ſo günſtig einzulegen ſind wie die Stabeiſen. Stellt man ſie hochkantig, ſo ſind ſie zwar gut einzufügen; aber bei Körpern von nicht ſehr groſser Dicke kommt der innere Teil in eine Gegend des Querſchnittes, in der die Zugſpannungen ſchon erheblich abnehmen. Legt man ſie flach, ſo kommt zwar der ganze Querſchnitt zu gleichmäſsiger Ausnutzung; aber der Raum unter dem Bandeiſen iſt ſchwer dicht mit Mörtel oder Beton zu ſchlieſsen. (Vergl. Art. 107, S. 115.)

Fig. 221.

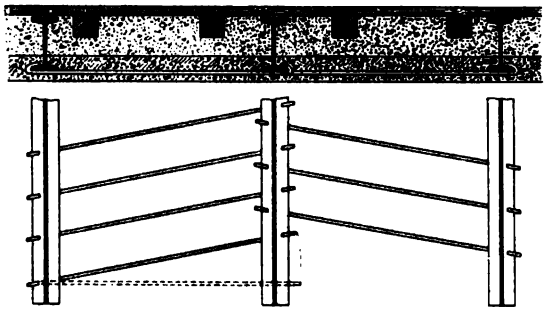


Fig. 222 zeigt die Verwendung von hochkantig ſtehenden Bandeiſen in den Fugen gewöhnlicher Backſteine, Loch- oder Schwemmſteine nach *Kleine & Stapf*[173]).

Nach Fig. 223[174]) bilden die hochkantig ſtehenden Bandeiſen Zugeinlagen in fertig geformte Lochtafeln aus Bimsſand, Kalk und Zement.

Fig. 222.

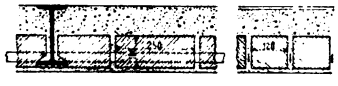
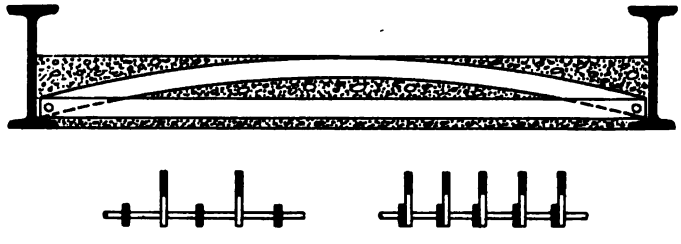


Fig. 223.

Wilkens in Bremen ſetzt aus hochkantig ſtehenden Bandeiſen vollſtändige kleine Tragwerke zuſammen, die in den Mörtel eingelagert werden, bei denen alſo eine Verſtärkung nicht bloſs der Zugſeite, ſondern auch der Druckſeite der Querſchnitte entſteht; ein Beiſpiel ſo gebildeter Tragbogen mit Zugbändern zeigt Fig. 224.

In Verbindung mit dem Drahtgewebe, als deſſen Träger bis zur Vornahme der Einhüllung iſt das hochkantig ſtehende Bandeiſen in der Konſtruktion nach Fig. 225[175]) verwendet. Es hat hier gröſsere Abmeſſungen erhalten, ſo daſs zu ſeiner vollſtändigen Umſchlieſsung die Anordnung von Rippenwulſten auf der Umhüllung nötig iſt. Damit geht ſeine Bedeutung als ausſchlieſsliche Verſtärkung der Zugſeite verloren. Es nimmt in ſeinem oberen Teile Druck auf und wird zum ſelbſtändigen Träger.

Fig. 224.



[172]) Siehe: Deutſche Bauz. 1900, S. 544.

[173]) D. R.-P. 71102. — Siehe u. a.: Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 240; 1894, S. 360. — Deutſche Bauz. 1894, S. 238.

[174]) Erzeugt von: Deutſche Zementbau-Geſellſchaft in Berlin. — Siehe auch: Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006. — Deutſche Bauz. 1894, S. 62.

[175]) Geliefert von: *C. Möbers & W. Wirtz* in Düſſeldorf.

Digitized by Google

In Fig. 226 iſt das hochkantig ſtehende Bandeiſen mit Mörtel in Nuten von Back- oder ſonſtigen künſtlichen Steinen gelegt[176]), denen es beim Einbringen als Stütze und in der fertigen Decke als Zuggurtung dient.

Mittels übergehängter Blechhaken trägt das hochkantig ſtehende Bandeiſen die

Fig. 225.

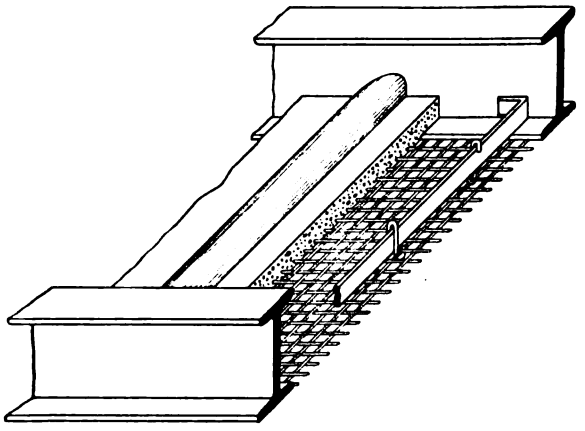
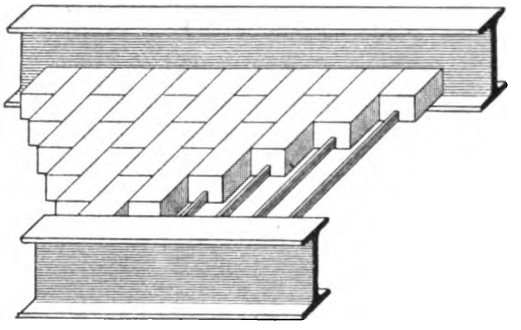


Fig. 226.



Steinreihen beim Einlegen nach Fig. 227; es wirkt dann in der abgebundenen Decke als Zuggurtung. Die Dicken ſind in der Abbildung der Deutlichkeit wegen zu ſtark gezeichnet; das Ganze findet innerhalb der gewöhnlichen Fugen Platz.

Fig. 227.

Bei allen dieſen Konſtruktionen bleibt das Bandeiſen glatt, ſo daſs das Haften im Mörtel nur auf dem chemiſchen Wege erzielt wird. Verſchiedene Mittel ſind verwendet, um dieſes Anbinden durch Vorſprünge kräftiger zu machen. Ausbeulungen des Flacheiſens durch ein Walzverfahren machen es zur »Wellblechſchiene«[177]), nach Fig. 228 u. 229, welche

Fig. 229.

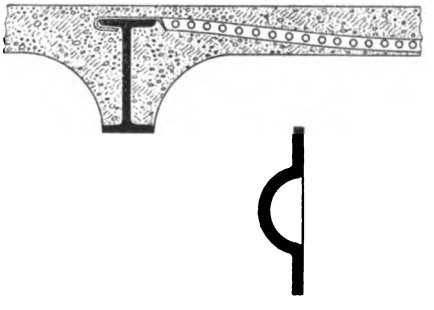


Fig. 228.

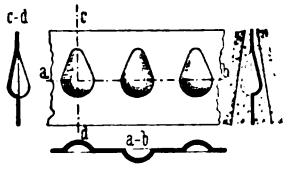
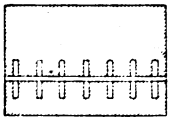


Fig. 230.



durch das Eindringen des Mörtels in die Buckelhöhlungen darin beſonders feſt gehalten werden.

Weiter werden nach *Hyatt*[178]) kurze Abſchnitte von Rundeiſen durch regelmäſsige Lochungen des Flacheiſens geſteckt, um dieſes gut einzubinden (Fig. 230).

[176]) Univerſum-Decke von *F. A. Beny* in Oppenheim.

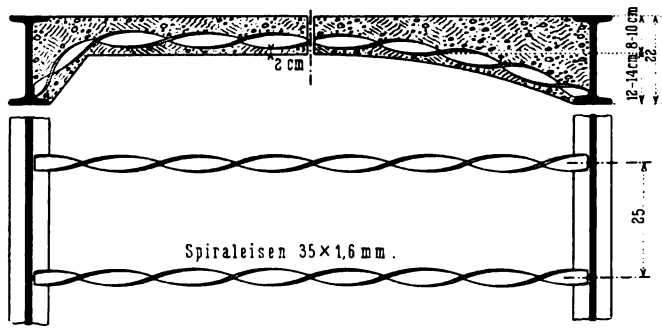
[177]) *Sümmermann-Schürmann* und *Kleine-Stapff*. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 39; 1898, S. 52.

[178]) Siehe: Zeitſchr. f. Berg-, Hütten- u. Maſchinenind., Bd. XVII (1898), S. 57.

Digitized by Google

Thomas & Steinhoff in Mülheim a. d. Ruhr verwenden nach Fig. 231 beim Flacheiſen das Mittel des Verdrehens um die Längsachſe, welches auch bei dem Quadrateiſen ſchon beſprochen wurde, um das etwaige Nichteintreten chemiſcher Verbindung unſchädlich zu machen. Dieſes Mittel gehört jedenfalls zu den einfachſten.

Fig. 231.



Flach gelegte Bandeiſen verwendet *Zöllner*[179]) bei ſeiner Verbunddecke nach Fig. 232 und in beſonders wirkſamer Weiſe *Möller* in Braunſchweig nach Fig. 233 in ſeiner Trägerdecke[180]), bei der das Bandeiſen gegen Roſt und Feuersgefahr erſt nachträglich von unten verputzt wird. So wird die Schwierigkeit des Einbringens des dünnen Mörtels unter den Bandeiſen gehoben, zugleich aber auf das allſeitige Anbinden des Eiſens an den Mörtel verzichtet. Das beſonders wirkſame Zugband iſt daher hauptſächlich an den Enden durch angenietete Winkelabſchnitte unverſchieblich im Mörtel gemacht.

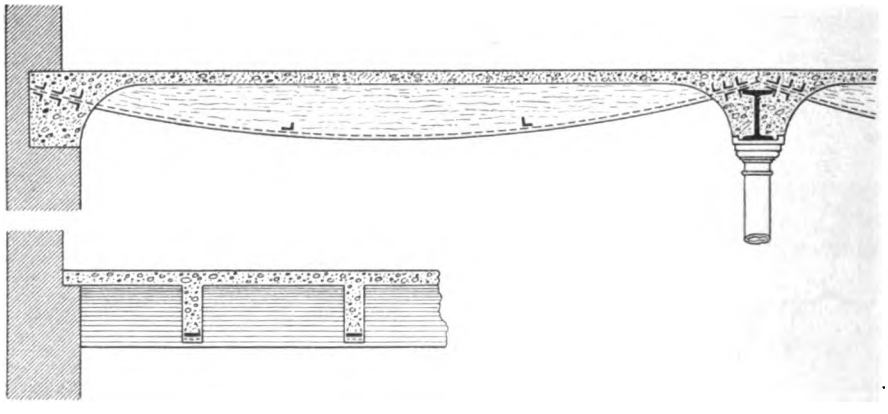
Fig. 232.

119. Formeiſen.

Faſt ſämtliche übliche Walzformen des Eiſens werden auch als Mörteleinlagen verwendet; wir führen hier einige Beiſpiele ſolcher an.

In den Zementdielen von *Ambroſius*[181]) werden ungleichſchenkelige Winkeleiſen verwendet, die durch Drahtgeflechte verbunden ſind, ſo daſs ein groſser Eiſen-

Fig. 233.



zugquerſchnitt entſteht; die hohen Winkelſchenkel ragen in die Mittelſtege der Platten hinauf (Fig. 234).

Winkeleiſen in geeigneten Fugen von Formſteinen verwenden u. a. *Donath*[182])

[179]) Siehe: Baugwks.-Ztg. 1898, S. 1776.
[180]) Siehe: Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006.
[181]) D. R.-G.-M. 61437. — Geliefert von: *Schmidt & Langen* in Minden i. W.
[182]) Siehe: Deutſch. Bauz. 1898, S. 339.

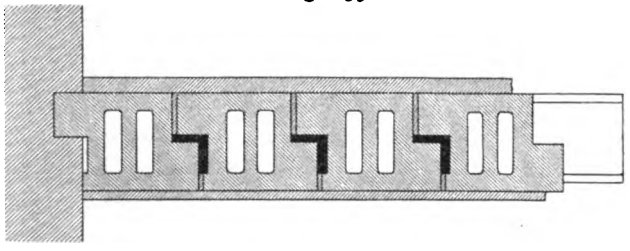
Digitized by Google

Fig. 234.

(Fig. 235) und *Mueller*[183]); letztere Konſtruktion ſieht aus Blech gebogene Bügel vor, um die Winkeleiſen von vornherein in beſtimmter Höhenlage gegen die Balken feſtzulegen (Fig. 236 u. 237).

Zwei Verwendungen von ⊥-Eiſen als Einlagen zeigen Fig. 238 u. 239 an der »Herkules«-Decke[184]) und der Deckenanordnung nach *Moſsner*[185]). Dieſe Form wird neuerdings viel verwendet, da die breiten Flanſche nahe der Zugſeite eine kräftige Zuggurtung liefern und der Steg die Verbindung mit der Umhüllung verbeſſert.

Fig. 235.



Z-Eiſen treten bei den Decken von *Mueller* (Fig. 236) wohl an die Stelle der Winkel nach Fig. 240, worin zugleich die Blechhaken zur ſicheren Lagerung der Eiſen an den Trägern angegeben ſind.

Schwerere Walzeiſen bis zu den gröſsten Querſchnitten, ja ſelbſt ganze genietete Träger als Einlagen verwendet *Melan* für ſchwer belaſtete Bogen. Dieſe Einlagen durchſetzen dann oft die ganze Höhe des Verbundkörpers, wirken alſo nicht bloſs

Fig. 236.

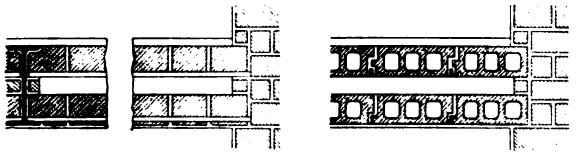


Fig. 237.

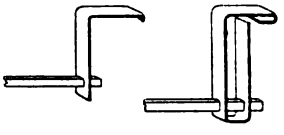


Fig. 238.

als Zugglieder, ſondern als ſelbſtändige Tragwerke, die die Umhüllung auf beiden Seiten unterſtützen, ſelbſt aber durch dieſe in ſehr wirkſamer Weiſe abgeſteift werden. Eine *Melan*'ſche Ausführung[186]), bei der eine Eiſenbahnſchiene als Zugglied wirkt, die durch Drahtwickelung mit einem Rundeiſengerippe der übrigen Teile verbunden iſt, zeigt Fig. 241.

Fig. 239.

Bordenave[187]) verwendet in der Richtung der gröſsten Spannungen liegende I-, L- und ⊔-Formen, aus 1,5 mm ſtarkem Bleche gebogen, oder auch

183) Geliefert von: *F. W. & M. Mueller* in Berlin.
184) Geliefert von: *Häusler & Geppert* in Breslau.
185) Siehe: Deutſch. Bauz. 1896, S. 135.
186) Siehe: *Engineering news*, Bd. XL (1898), S. 45.
187) Siehe: Zeitſchr. f. Berg-, Hütten- u. Maſchinenind., Bd. XVII (1898), S. 57.

Digitized by Google

I-Eiſen, in gröſseren Platten, alle auch in einem durch rechtwinkelige Ueberkreuzung entſtehenden Roſte und verbindet ſie durch Drahtwickelung (Fig. 242). Liegen die Formeiſen nur in einer Richtung, ſo werden ſie mit den umgewickelten Drähten zu einem Netze verbunden, wie ſchon in Fig. 240 gezeigt iſt.

Aehnlich biegt *Donath*[188]) S-förmige Einlagen aus Blech.

Das I-Eiſen geringer Abmeſſungen kommt ferner in der »Rippendecke« von *Koenen*[189]) nach Fig. 243 in Betonrippen zur Verwendung, welche die Eiſengurtung mit der oberen Druckplatte verbinden.

In nordamerikaniſchen Verbunddecken kommt das von der *Columbian fireproofing Co.*[190]) eingeführte doppelte Kreuzeiſen nach Fig. 244 zur Verwendung,

Fig. 240.

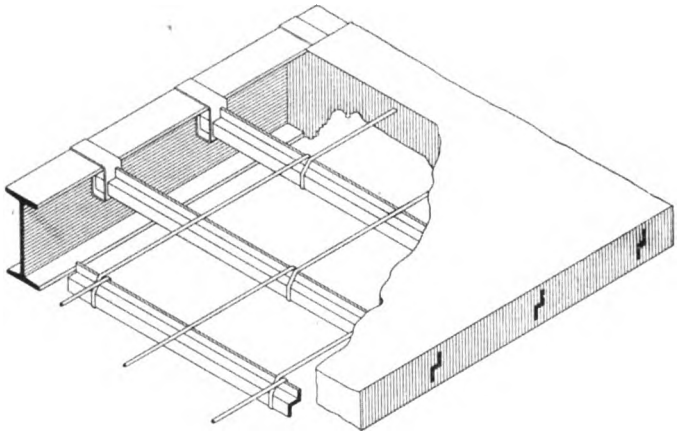


Fig. 241.

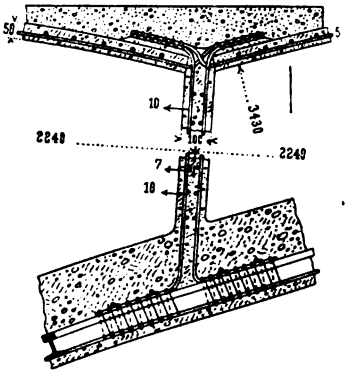


Fig. 242.

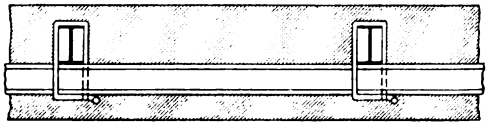
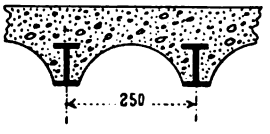
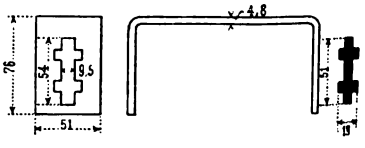


Fig. 243.



welches mit den dargeſtellten Blechbügeln an den Balken aufgehängt wird. Abgeſehen von der groſsen und vielfach gebrochenen, für die Einbettung günſtigen Geſtalt ſcheint dieſes Eiſen keine beſonderen Vorzüge zu beſitzen; namentlich iſt es für die meiſten Fälle zu hoch, um lediglich oder überwiegend als Verſtärkung der Zugſeite zu wirken.

Fig. 244.



Aus Formeiſen mit einer flachen Seite, alſo L-, ⊥-, ▲-, ◠- und ähnlichen Arten, geflochtene Gitter[191]) werden in der Weiſe hergeſtellt, daſs die Formeiſenſtäbe in der Länge jeder Seite der quadratiſchen Maſchen um 180 Grad um ihre Längsachſe verdreht werden, ſo daſs ſie in den Ueberkreuzungen ſtets mit der flachen Seite aufeinander zu liegen kommen und nötigenfalls noch ver-

188) Geliefert von: *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1900, S. 69.

189) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50.

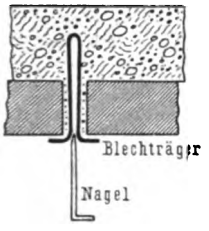
190) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 7.

191) D. R.-P. 107181.

Digitized by Google

ſtiftet werden können, aber ſo, daſs derſelbe Stab in zwei aufeinander folgenden Ueberkreuzungen einmal oben und einmal unten liegt. Dieſe ſehr ſtarken und feſt in den Mörtel einbindenden Gitter werden von *Oberländer* in Dresden-Löbtau hergeſtellt, haben jedoch den Mangel ſehr groſser Querſchnitte der Stäbe, die in der Regel mit Rückſicht auf das Zuſammenarbeiten mit dem Mörtel nicht voll auszunutzen ſein werden, da ſelbſt die auf Drähte kommenden Spannungen meiſt ſchon niedriger ſind als die üblichen zuläſſigen.

Fig. 245.

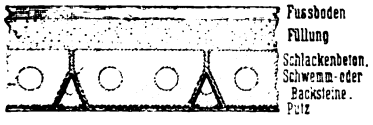


120. Aus Blech gebogene Einlageformen.

Schlieſslich ſei noch der aus Blech gebogenen vereinzelten Einlageformen neben den ſchon genannten von *Bordenave*[187]) und von *Donath*[188]) gedacht. Die hierbei anzuführenden Formen ſollen mehr als ſelbſtändige Träger, denn als Einlage wirken; ſie ſind zugleich auch ſo geſtaltet, daſs ſie das Anbringen des Deckenputzes erleichtern.

Der Träger von *Katz* beſteht aus einmal zuſammengefaltetem Bleche, deſſen untere freie Ränder wagrecht abgebogen ſind (Fig. 245). Man kann ſo Tragformen verſchiedener Höhen leicht herſtellen; die unten ſcharf zuſammengebogene Fuge dient zum Eintreiben von Hakennägeln zur Befeſtigung eines Haftmittels für den Putz unter der Eiſenfläche.

Fig. 246.

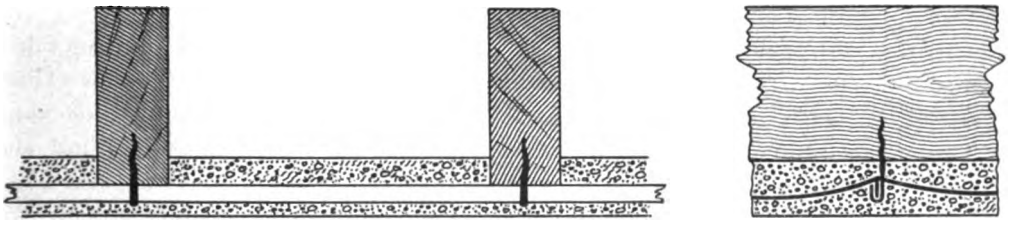


Der Hohlträger der »Germania«-Decke[192]) beſteht aus einem winkelförmig zuſammengebogenen Bleche mit nach innen gebörtelten Unterrändern (Fig. 246); der Innenraum wird unten mit Zementmörtel gefüllt, den die Börtelränder feſthalten; die ſchrägen Flanken werden ſo als Kämpferflächen für die aufzunehmende Einhüllung verſteift; die Mörtelfüllung giebt nach unten zugleich eine putzbare Fläche ab. Träger ſehr verſchiedener Tragfähigkeit ſind leicht herzuſtellen.

121. Beſondere Anlagen.

Auch andere Stoffe als Eiſen ſind für Einlagen in Beton vorgeſchlagen, allerdings wohl mehr als Mittel zur Herſtellung der Decke ohne Einrüſtung, als zur Erhöhung der Tragfähigkeit. So empfiehlt *Janſen* in Duisburg[193]) in ſeiner »Framdecke« Juteleinen als Einlage, welches nach Fig. 247 über an den Balken befeſtigte hochkantig ſtehende Bandeiſen geſpannt iſt. Zuerſt wird die obere Lage eingebracht, dann ſoll die von unten einzubringende, die zugleich die Bandeiſen einhüllt, unter der Jute bis zum Erhärten genügend haften.

Fig. 247.



122. Ausführungen.

Ausführungen der Ausfüllung der Trägerfache durch Wölbung aus im Bau eingeſtampftem Mörtel oder Beton mit Eiſeneinlagen ſind nicht

[192]) Geliefert von: *C. Pötſch* in Minden i. W. — D. R.-G.-M.
[193]) Siehe: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 188.

Digitized by Google

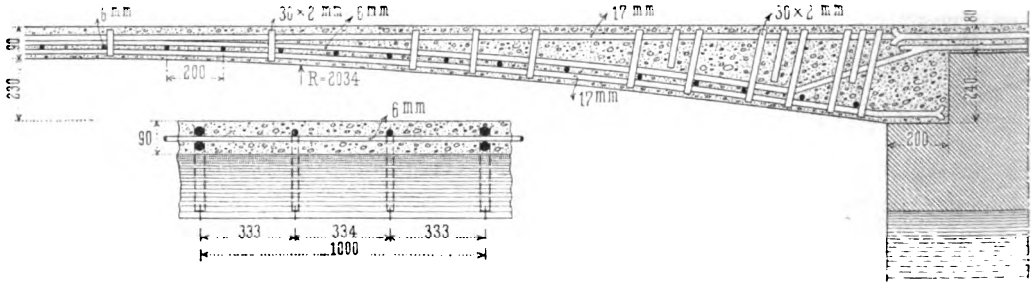
häufig; denn Tragkörper dieſer Art haben wenn nicht überwiegenden, ſo doch ſehr erheblichen Längsdruck aufzunehmen, während die Biegungsmomente namentlich bei kleineren Fachweiten zurücktreten. Nach den einleitenden Auseinanderſetzungen in Art. 104 (S. 110) iſt dies aber eine Belaſtungsart, welche der Eigenart von Beton- oder Mörtelkörpern ſo entſpricht, daſs die Verſtärkung gegen Zugſpannungen durch Eiſen meiſt zwecklos erſcheint. So iſt ja auch unter a, 1 und 2 für die verſchiedenen Arten von Mauerwerk von ſolchen Einlagen keine Rede geweſen.

Fig. 248.

Als Anordnung mit einer für die Erhöhung der Tragfähigkeit beſtimmten Eiſeneinlage iſt zunächſt *Zöllner*'s Verbunddecke (ſiehe Fig. 203, S. 110) mit Schutz durch Backſtein von unten anzuführen (Fig. 248). Hier tritt aber ſogleich hervor, daſs die Anordnung bezüglich der Wirkung des Eiſens wenig durchdacht iſt; denn es liegt in den meiſten Querſchnitten ſo, daſs es gar nicht oder nur druckaufnehmend zur Geltung kommt.

Eine Wölbung gröſserer Weite in einzelnen, hier von Gurtbogen gebildeten Fachen nach *Hennebique* für die Kellerdecke des neuen *Palais des Champs Elyſées* in Paris für die Kunſtabteilung der Weltausſtellung im Jahre 1900[194]) zeigt Fig. 249.

Fig. 249.



Die Fache ſind hier 6,10 m weit und haben dabei nur 230 mm Pfeil, alſo ein Pfeilverhältnis von 1 : 26,5. Deshalb iſt anzunehmen, daſs dieſe Decke mehr wie eine Platte als wie ein Gewölbe wirkt; infolgedeſſen ſind denn auch die oberen Rundeiſen über die ſtützenden Bogen, über denen bei negativen Momenten oben Zug und unten Druck aufzunehmen iſt, als Zugeiſen mit der Umhüllung ganz durchgeführt, während ſich die unteren gedrückten Teile ſtumpf gegen eine obere Rippe des Gurtbogens ſetzen. Die Stöſse der Längsdrähte ſind durch 7 bis 8 cm lange Ueberdeckung mit Drahtumwickelung gedeckt; die freien Enden aller ſtärkeren Drähte ſind aufgeſpalten und auseinander gebogen, um das Haften im Beton zu verbeſſern. Die Decke iſt für 100 kg Eigenlaſt und 700 kg Nutzlaſt auf 1 qm durchgebildet.

Der verwendete Beton beſteht aus 1 Teil Zement, 2,5 Teilen Sand und 5,5 Teilen Kies, oder auf 250 kg Zement kommen 400 l Sand und 850 l Kies. Die Decke ruhte 8 Tage vor dem Ausrüſten auf dem Gerüſte; 30 Tage alt wurde ſie mit 1050 kg für 1 qm belaſtet, wobei die Durchbiegung innerhalb des vorgeſchriebenen Maſſes von 1 : 800 der Weite blieb.

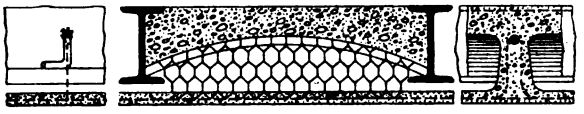
Die meiſten in Beton gewölbten Balkenfache mit Eiſeneinlage erhalten letztere erſichtlich hauptſächlich zu dem Zwecke, die Ausführung zu erleichtern, d. h. das Einrüſten der Fache thunlichſt ganz überflüſſig zu machen.

194) Siehe: *Le génie civil*, Bd. XXXIII (1898), S. 54.

Digitized by Google

In dieſer Beziehung iſt zunächſt die ſchon in Art. 50 (S. 63) zu Fig. 104 u. 105 beſprochene »Hanſa«-Decke[195]) von *Weyhe* in Bremen anzuführen, deren Ausbildung für Eiſenbalken in Fig. 250 dargeſtellt iſt. Zwiſchen die Balken werden zuerſt in 50 cm Teilung Bügel aus 1 cm ſtarken Rundeiſen eingeſetzt und mit umgebogenen Enden in die Kehle zwiſchen Steg und Flanſch der Balken gelehnt.

Fig. 250.



An die Bügel werden Kreisabſchnitte von Drahtnetzen ſo angehängt, daſs die geraden Unterkanten ſämtlich in die Mittelebene des Deckenputzes fallen und ein wagrechtes, engmaſchiges Netz ſtraff ausgeſpannt angehängt werden kann. In dieſes wird der Deckenputz eingebracht, der jedesmal um die lotrechten Hängenetze und ihre Tragbügel in die Höhe gezogen wird, ſo daſs eine durch hohe Rippen verſteifte Putzplatte entſteht. Nun wird ein zweites Netz über dieſe Rippen geſpannt, in die Drahtenden der lotrechten Netze eingebunden und als Grundlage für das Einbringen des oben wagrecht abzugleichenden Betonbogens benutzt. Die lotrechten Rippen können nach Fig. 104 (S. 63) mit Löchern verſehen ſein, wenn man Längsbewegung der Luft in den entſtehenden Hohlräumen aufrecht erhalten will. Bei Feuersbrünſten kann man das Innere der Decke auf dieſe Weiſe kühl halten.

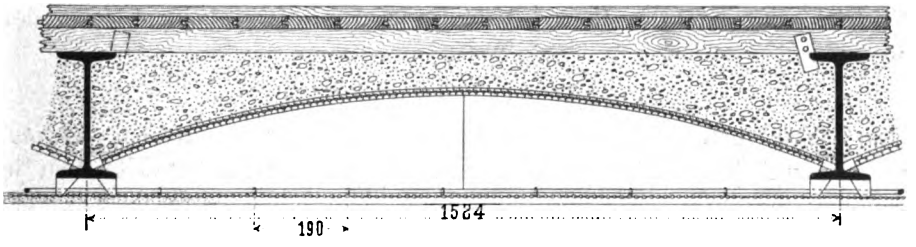
Weyhe ſetzt ſeinem Beton aus 50 Teilen Gips und 50 Teilen Kohlenaſche Rohrhülſen zu, um eine Gewichtsverminderung zu erzielen.

Eine ſolche Decke mit 100 cm Balkenteilung, 5 cm Betondicke im Scheitel und 9 cm im Kämpfer trug 500 kg für 1 qm, ohne weſentliche Veränderungen zu zeigen.

Beim Einbringen des Betons wird dieſer die Netzmaſchen durchdringen, ſo daſs das Netz eingehüllt wird; mindeſtens liegen die Netzdrähte aber unverſchieblich in vertieften Rillen des Betons.

Mit dieſer Anordnung ſtimmt die Decke von *Roebling*[196]) in allen weſentlichen Teilen des Tragwerkes überein (Fig. 251). Auch hier ſind erſt Rundeiſenbügel

Fig. 251.



zwiſchen die Träger geſetzt, zwiſchen die dann ein engmaſchiges Drahtnetz ſtraff eingeſpannt wird. In dieſes wird zunächſt eine dünne, ſchnell bindende Mörtelſchicht gebracht, welche nach Erreichung einigen Zuſammenhaltes als Unterlage für das Einbringen der Betonausfüllung des Faches dient. Die in Fig. 251 angedeutete beſondere Ausbildung des Deckenputzes wird bei Erörterung der Decke in engerem Sinne in Kap. 6 beſprochen werden.

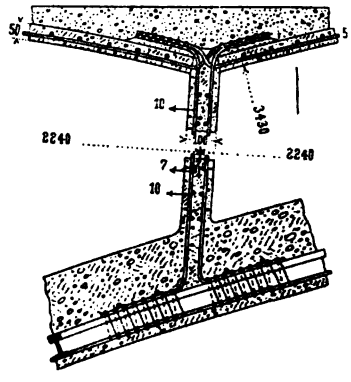
[195]) D. R.-P. 81656 u. 87638. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1895, S. 439. — Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 200. — Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 147.

[196]) Erzeugt von *John A. Roebling's Sons & Co.* in Trenton. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 323. — Ueber eine ähnliche amerikaniſche Gittereinlage ſiehe: *Scientific American*, Suppl., 1897, S. 17516.

Digitized by Google

Eine hauptſächlich für ſchwer belaſtete gröſsere Gewölbe beſtimmte, aber auch für Fachausfüllungen weit geteilter Balken verwendbare Wölbung aus Beton mit Eiſeneinlage iſt diejenige von *Melan*[197]). Hier wird dem Eiſen nicht bloſs die Aufgabe der Aufnahme der Zugſpannungen zuerteilt; vielmehr werden Beton und ſtarke Eiſenträger ſelbſtändig tragend nebeneinander geſtellt. Das Eiſen kommt alſo in Geſtalt ſtarker Träger zur Verwendung, die nicht ſelten mit ihrer Höhe faſt die ganze Dicke der Wölbung einnehmen, ſo daſs oben und unten nur eben die Einhüllung ſicher geſtellt iſt, hier mehr als Schutzmittel gegen Witterung und Feuer für das Eiſen, als zur Erzielung völliger Verbindung der beiden Teile des Verbundkörpers. Die Träger ſind auch wohl aus Winkeleiſengurtungen mit vergitterter Wand gebildet; das Durchbinden des Betons durch die Wandmaſchen verbeſſert dann die Gemeinſamkeit der Wirkung noch weſentlich. Sonſt iſt auf chemiſches Anbinden des Zements an gröſsere Träger nicht zu rechnen.

Fig. 252.



Ein Beiſpiel einer ſolchen 21,85 m weiten Ausführung, welche Menſchengedränge zu tragen hat, zeigt Fig. 252. Das Pfeilverhältnis iſt 1 : 7,7, die Wölbung im Scheitel 25 cm, im Kämpfer 36 cm ſtark. Eiſenbahnſchienen von 28 kg Gewicht für 1 lauf. Meter liegen in 75 cm Teilung. Der Fuſsboden ruht auf kleinen, 5 cm ſtarken Bogen, die durch Längswände in 2,24 m Teilung gegen den Tragbogen abgeſtützt ſind und mit dieſen ein gemeinſames Gerippe aus 5 mm ſtarken Drähten von 10 cm Teilung haben; unten ſind dieſe Drahteinlagen an die Schienen angebunden. Der Beton beſteht im Bogen, in den Stützwänden und Kappen aus 1 Teil Zement auf 3 Teile Kies, in der Abgleichung aus 1 Teil Zement auf 4 Teile Sand und 7 Teile Kies.

4) Wölbung aus Kappenkörpern, welche fertig in den Bau gebracht werden.

Die hierher gehörigen Ausführungen ſind nicht zahlreich, weil wenigſtens für gröſsere Fachweiten die Stücke zu ſchwer und unhandlich werden; ſie haben aber den Vorteil, daſs man für die Herſtellung der Decken in keinem Falle der Einrüſtung bedarf.

α) Ohne Eiſeneinlagen.

123. Stegzementdielen von *Stolte*.

Ein Beiſpiel dieſer Art bilden die bogenförmigen Stegzementdielen von *Stolte*[198]), welche mit zwei im Scheitel gelenkartig gegeneinander gelehnten Hälften je eine Fachwölbung ergeben (Fig. 253). Werden die Dielen mit den Enden einfach auf die Balkenflanſche geſetzt, ſo

Fig. 253.

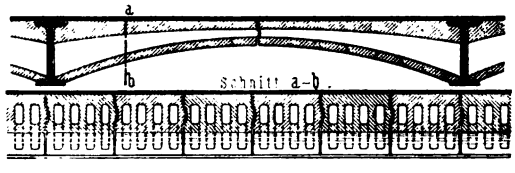
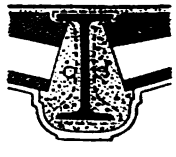


Fig. 254.



[197]) Weit verbreitete Bauweiſe. — Siehe darüber: *Engineering news*, Bd. XL (1898), S. 45. — Bezüglich der Tragfähigkeit wird auf den Bericht des Gewölbe-Ausſchuſſes des Oeſterreichiſchen Ingenieur- und Architektenvereines (ſiehe die Zeitſchrift dieſes Vereines 1895, Nr. 20 bis 34 — Sonderdruck im Verlage des Vereines) verwieſen, deſſen gründliches Leſen nicht dringend genug empfohlen werden kann.

[198]) Erzeugt von: Zementbau-Aktiengeſellſchaft in Hannover; Deutſche Zementbau-Geſellſchaft in Berlin. — D. R.-P. 71 351, 87 014 u. 91 654. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX, (1897), S. 144. — Zeitſchr. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006 — Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 455. — Deutſche Bauz. 1894, S. 62.

Digitized by Google

erhalten letztere keinen Feuerſchutz. Man kann den Unterflanſch aber auch in die Stege der Dielen einkerben, ſo daſs der untere Schluſs der Dielenöffnungen unter den Flanſch zu liegen kommt. Verputzt man dann die unteren Fugen, ſo entſteht ein Schutz durch Luftraum und Mörtelſchicht. Fig. 254 zeigt eine ſorgfältigere Kämpferanlage aus einem in den Träger geputzten Betonkörper, der auch unter dem Träger geſchloſſen dieſen ſchützt.

Die Tragwirkung dieſer Ausfüllung iſt eine gute, da der Querſchnitt der Stegdielen quer von Träger zu Träger durchläuft, was ſchon bezüglich der neueren Wölbungen aus amerikaniſchen Thonkaſten in Art. 91 (S. 100) u. 96 bis 98 (S. 103 bis 105) als Vorteil bezeichnet wurde.

β) Mit Eiſeneinlagen.

124. *Monier's* Bogenplatten.

Auch die hierher gehörenden Ausführungen ſind nicht zahlreich vorhanden. Anzuführen ſind die in Fig. 255 dargeſtellten Bogenplatten nach dem Patente *Monier*: gekrümmt geformte Mörtel- oder Betonkörper, am beſten mit zwei Eiſeneinlagen ausgeſtattet, da ſie bei wechſelnder Belaſtung auch wechſelnde Biegungsmomente auszuhalten haben. Sie werden auf die unteren Trägerflanſche geſetzt oder, falls die Kämpfer höher liegen ſollen, auf in die Träger geputzte Betonleiſten, wie in Fig. 254. Die Hinterfüllung, in die etwaige Fuſsbodenlager zu lagern ſind und welche die Balken ſchützt, wird aus magerem Schlackenbeton gebildet. Die nachfolgende Zuſammenſtellung giebt eine Ueberſicht über die Leiſtungen ſolcher *Monier*-Bogen verſchiedener Zuſammenſetzung bei Belaſtungsverſuchen.

Fig. 255.

Nr.	Der Platten				Drahteinlage			Belaſtung		Erfolg
	Länge	Spannweite	Dicke	Pfeil	Art	Drähte in Richtung der Spannweite	Drähte in Richtung der Länge	Art	Gröſse	
1	60	150	5	0	gebundenes Drahtgitter in der Mitte	2 von 10 mm 1 » 8 » 2 » 6 » 4 » 5 »	5 mm dick in 6 cm Abſtand	voll	1813	45 mm Durchbiegung ohne Bruch.
2	60	100	5	0	gebundenes Drahtgitter in der Mitte	3 von 8 mm 2 » 7 » 2 » 6 » 2 » 5 »	5 mm dick in 6 cm Abſtand	voll	3000	6,5 mm Durchbiegung; Entſtehen von ſichtbaren Haarriſſen.
3	60	450	5	40	gebundenes Drahtgitter in der Mitte	3 von 14 mm 6 » 8 »	6 mm dick in 7 cm Abſtand	einſeitig bis Scheitel	2550	12 mm Hebung der unbelaſteten, 13 mm Senkung der belaſteten Seite, ohne Bruch.
								»	2608	Bruch im Mörtel.
	Centim.							Kilogr. auf 1 qm		

Digitized by Google

Nr.	Der Platten				Drahteinlage			Belaſtung		Erfolg
	Länge	Spann-weite	Dicke	Pfeil	Art	Drähte in Richtung der		Art	Gröſse	
						Spannweite	Länge			
4	60	450	5	40	2 Draht-geflechte in den Dritteln	5 mm dick in 6 cm Abſtand	5 mm dick in 6 cm Abſtand	einſeitig bis Scheitel	2455	15 mm Hebung der unbelaſteten, 13 mm Senkung der belaſteten Seite, ohne Bruch.
								»	2970	Bruch im Mörtel.
5	60	450	1 Zement 1 Sand 5	40	ohne Einlage	—	—	einſeitig bis Scheitel	1060	8 mm Hebung der unbelaſteten, 11 mm Senkung der belaſteten Seite, Bruch.
	Centim.							Kilogr. auf 1 qm		

b) Ausfüllung der Trägerfache mit Platten.

125. Eigenſchaften.

Plattenartige Fachausfüllungen, welche auf die Balken nur lotrechte, keine wagrechten Kräfte übertragen, werden jetzt in beträchtlich gröſserer Zahl verwendet als Auswölbungen, obwohl ſich die erſten Verſuche des Erſatzes der alten Wellerungen und Stakungen überwiegend auf letztere bezogen haben. Die Urſachen dieſes Ueberganges zur Plattenform liegen hauptſächlich darin, daſs die Balken wegen Wegfalles der beſonders ungünſtigen wagrechten Kräfte ſchwächer gehalten werden können, daſs die Ausführung der Platten einfachere Rüſtungen geſtattet und an ſich einfacher iſt als die der Wölbung, und daſs die Platte die wegen Ausbildung der Decke im engeren Sinne meiſt verlangte wagrechte Unterfläche von ſelbſt ergiebt, während letztere bei Auswölbungen erſt durch beſondere Teile hergeſtellt werden muſs, wie in Kap. 6 beſchrieben werden wird.

Die gröſsere Tragfähigkeit wird allerdings, namentlich bei groſsen Fachweiten, mit der das Mauerwerk oder den Beton ſeiner Natur beſſer entſprechend belaſtenden Wölbung erzielt, ſo kann man den Unterſchied der Verwendung beider Fachausfüllungen etwa dahin feſtſtellen, daſs die Wölbung mehr in ſchwer belaſteten Decken ohne künſtleriſche Ausſtattung, alſo in Nutzbauten, die Platte dagegen in leichter belaſteten, unten mit Malerei oder Stuck ausgeſchmückten Decken, alſo namentlich in Wohnhäuſern, verwendet wird. Hieraus ergiebt ſich ſchon, daſs letztere der Zahl der Verwendungen nach überwiegen muſs.

1) Plattenartige Fachausfüllungen aus im Bau eingeſtampftem Mörtel oder Beton.

α) Ohne Eiſeneinlagen.

126. Betonplatten.

Bei den Ausfüllungen gerader Betondecken ruht ein im Querſchnitte rechteckiger Betonkörper auf dem unteren Balkenflanſche, wie in Fig. 256 bis 259, und zwar von vergleichsweiſe groſser Dichte, überträgt daher keinerlei Schub auf die Träger, muſs aber bei plattenartiger Wirkung bezüglich der Laſtübertragung gröſsere Stärke er-

Digitized by Google

halten, weil der Widerſtand der Betonplatten gegen vorwiegende Biegung weniger zuverläſſig iſt als gegen vorwiegenden Druck (vergl. Art. 104, S. 110). Hierdurch werden die Decken beträchtlich ſchwerer und der Vorteil der geringeren Beanſpruchung der Träger geht zum Teile wieder verloren. Füllt man die Trägerhöhe mit einer Betonplatte aus, ſo wird die Decke bei der guten Schallübertragung

Fig. 256.

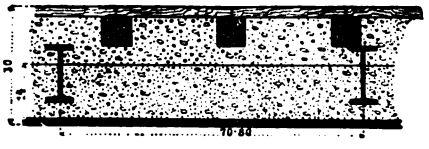
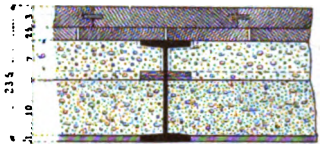


Fig. 257.



durch eine dichte Platte und beim Fehlen der Hohlräume meiſt nicht ſo ſchalldicht werden, wie die ſchwächere, in den Zwickeln mit ſchlechten Schallleitern überdeckte Betonkappe.

127. Gewöhnliche Anordnungen.

Ein Beiſpiel einer ſtarken ebenen Decke, welche der gewölbten Anordnung in Fig. 196 u. 197 (S. 106) entſpricht, zeigt Fig. 256[199]).

Die Träger ſind hier auch unten vom Beton umhüllt, daher vor dem Feuer geſichert und bei der Deckenausbildung nicht hinderlich. Die eigentliche Betonplatte trägt noch eine etwa 11 cm ſtarke Lage von Schlackenbeton, welche die Schalldichtigkeit erhöht und die Lagerhölzer aufnimmt. Die Unterfläche konnte hier auf dem Beton geputzt werden.

Fig. 257 u. 258 zeigen Decken, wie ſie von *Heuſsner*[200]) in Wohnhäuſern in Hannover ausgeführt ſind.

Die ſtärkeren Decken der unteren Geſchoſſe wurden nach Fig. 257 ausgeführt. Auf der eigentlichen Betonplatte wurden die Lagerhölzer mittels untergelegter Keile genau ausgerichtet und dann mit Schlackenbeton ausgeſtampft. Die Trägerunterflanſche ſind bündig eingeputzt.

Fig. 258.

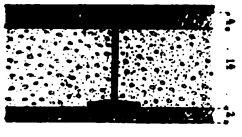
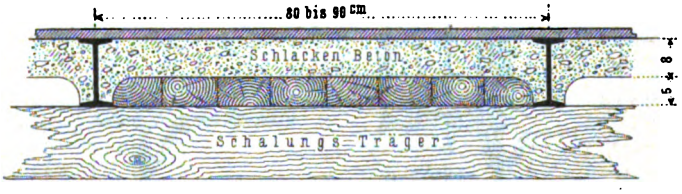


Fig. 259.



Für die Decken, welche nur Schlafräume tragen, iſt die Betonplatte erheblich ſchwächer, die Schlackenbetonlage ſtärker, die ganze Decke alſo leichter gemacht. Um die Decke unten von den Bewegungen der Träger unabhängig zu machen, ſind neben den Kanten des Unterflanſches ſchwalbenſchwanzförmige Klötzchen eingeſetzt, auf die ein Streifen Dachpappe genagelt wurde und welche zugleich zur Befeſtigung einer Berohrung unter der Pappe dienten.

Die ebenen Schlackenbetonplatten aus den Werkſtättengebäuden des Hauptbahnhofes zu Frankfurt a. M.[201]), ausgeführt von *Odorico* in Frankfurt a. M., ſind im Zuſtande der Entſtehung durch Fig. 259 dargeſtellt.

Der Beton beſteht aus 7 Teilen Gasſchlacke von Sandkorn- bis 4 cm Gröſse und 1 Teil Zement. Das Mengen erfolgte trocken; die Maſſe wurde dann naſs durchgearbeitet und auf der in Fig. 259 gezeichneten Holzſchalung nur 8 cm ſtark zwiſchen die Träger geſtampft. Die Ausrüſtung erfolgte nach 3 bis 4 Tagen, und bei der gleich vorgenommenen Belaſtungsprobe ergaben 2100 kg auf 1 qm noch keine Form-

199) Siehe: Deutſche Bauz. 1886, S. 3.
200) Siehe: Deutſche Bauz. 1887, S. 608. — Wochbl. f. Baukde. 1887, S. 449.
201) Siehe: Deutſche Bauz. 1889, S. 572.

Digitized by Google

änderung. Auf den Platten liegen in Wohnräumen Lagerbohlen mit Bretterfufsboden, fonft Zementeftrich oder Terrazzo.

128. Befondere Anordnungen.

Um zu verhüten, dafs fich die Kanten der Trägerobergurtungen in einem nicht mit Holz bedeckten Fufsboden durch Riffe bemerkbar machen, hat man die Betonplatte, wie in Fig. 260 u. 261, oben über die Träger gelegt. Trotz der unten ge-

Fig. 260.

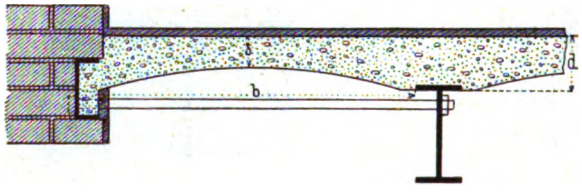
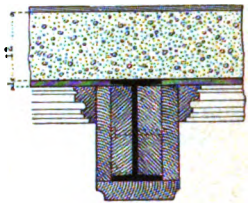
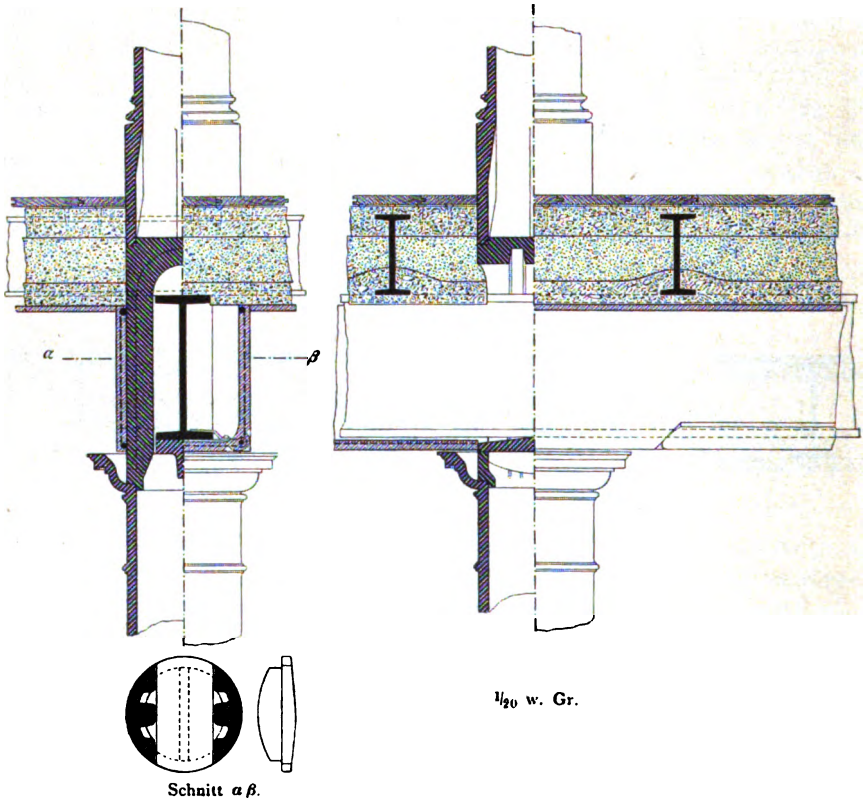


Fig. 261.



krümmten Geftalt wirkt der Beton in Fig. 260 nach Art einer über mehrere Träger durchlaufenden Platte, da wefentliche Schübe auf die Träger nicht übertragen werden können. Um jedoch etwa entftehende Schübe nicht auf die Wand zu bringen, ift

Fig. 262.



Schnitt $\alpha\beta$.

$^1/_{20}$ w. Gr.

die in Art. 85 (S. 95) erklärte Verankerung des vorletzten mit dem Wandträger vorgenommen.

Bei der in Fig. 261 dargeftellten Konftruktion von *Heufsner* find die Träger zur Ausbildung einer Decke mit vertieften Balkenfeldern und Holzverfchalung benutzt. Die beiden Decken in Fig. 260 u. 261 klingen unter dem oben ftatt-

Digitized by Google

findenden Verkehre. Fig. 261 ist unter Schlafräumen angebracht und daher mit Linoleum abgedeckt, wodurch der Schall gedämpft wird. Die Anordnung in Fig. 260 eignet sich besonders für die Herstellung im Freien liegender Decken, z. B. Balkondecken, da die Träger selbst nach dem Entstehen kleiner Risse gut gegen Nässe geschützt sind. Sind die Träger oben bündig mit dem Beton, so sind Abtrennungen des Betons von den Trägern unvermeidlich, in welche das Wasser eindringt; alsdann entsteht die Gefahr, dass die Träger rosten.

In Fig. 262 ist eine Deckenkonstruktion mit Betonplatte dargestellt, die allen Anforderungen genügen dürfte. Die unteren Trägerflansche tragen eine dünne Betonplatte, deren Dicke genau der verlangten Tragfähigkeit entspricht und welche die unteren Trägerteile ganz gegen Feuer sichert. Der Deckenputz ist unmittelbar unter den Beton gebracht. Um den Schall zu dämpfen, ist auf den Beton eine Lage möglichst unelastischer Füllung gebracht, welche nach oben von einer dünnen Lage Schlackenbeton bedeckt ist. Letztere dient zur Aufnahme der Nägel und der Jutelage für einen nach Patent *Ludolff* anzubringenden Parkett- oder Stabfussboden und zugleich zur sicheren Einhüllung der Eisenbalken von oben, um diese auch hier gegen Feuer zu sichern und zu verhindern, dass ein Ablösen der Trägerkanten die Fussbodenkonstruktion verletzt. Die zwischen zwei Betonlagen vollkommen eingeschlossene Füllung kann in dieser Anordnung selbst bei mangelhafter Beschaffenheit keine Uebelstände hervorrufen.

Der Unterzug dieser Decke hat zugleich einen etwas vergrösserten Körper und ziemlich wirksamen Feuerschutz durch Einhüllen in einen Kasten aus *Rabitz*- oder *Monier*-Putz erhalten. Zu diesem Zwecke sind starke Tragdrähte unter den Balken der Decke befestigt, an denen zwei weitere in den unteren Kastenecken durch lotrechte Drahtnetze aufgehängt sind; auch zwischen diese ist ein Drahtnetz eingespannt, so dass nun ein vollständiger Kasten, in den unteren Ecken mit Rundstab verziert, eingeputzt werden kann. Die unteren Eckdrähte sind mittels Flacheisenklammern auch gegen die untere Gurtung des Unterzuges abgesteift. Die Breite des Kastens ist so bemessen, dass sie das runde Zwischenfatzstück der Stütze zwischen den Wandungen aufnehmen kann, das somit ganz verschwindet. Die Luftschichten zwischen den Kastenwänden und dem Unterzuge sichern letzteren auch gegen bedeutende Hitzegrade. Die Anordnung verstösst nur gegen die von *Stolz* (vergl. Art. 72, S. 78) aufgestellte Regel, dass unter den Decken keine vorspringenden Teile liegen sollen. Da aber selbst bedeutende Hitzegrade hier erst nach sehr langer Dauer eine schädliche Wirkung auf die Träger ausüben können, so ist darin kein Mangel zu erkennen.

Trotz ihrer grossen Dichtigkeit und Stärke nimmt diese Zwischendecke doch nur eine geringe Höhe ein.

β) Mit Eiseneinlagen.

Die Zahl der Ausführungen dieser Art ist eine ausserordentlich grosse, trotzdem allen ein und derselbe Gedanke zu Grunde liegt. Die grosse Zahl verschiedener Anordnungen ergiebt sich aus der grossen Zahl verschiedener Gestaltungen der Einlagen. Da diese Gesichtspunkte in Art. 113 bis 121 (S. 118 bis 127) eingehend erörtert sind, genügt es hier, eine grössere Zahl von Beispielen für derartige Ausführungen zu beschreiben.

129. Decken von *Stolz*.

Fig. 263 u. 264 zeigen im Bau eingestampfte Mörtel- und Betondecken mit Eisennetzeinlage nach *Stolz*[202]). In Fig. 263 sind die Balken oben gegen den Unterzugträger gesetzt, so dass dieser nach unten vortritt und mittels eines rechteckigen Kastens von *Rabitz*- oder *Monier*-Masse mit Aschenfüllung eingehüllt werden musste. Dieser Vorsprung entspricht wegen der Bildung von hohlen Ecken den in

202) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 3.

Digitized by Google

Art. 72 (S. 78) entwickelten Grundſätzen nicht ganz; doch wird die Feuerſicherheit nicht weſentlich beeinträchtigt, weil ſelbſt ſehr hohe Hitzegrade die Träger nicht in gefährlichem Maſse erwärmen können. Die Decke wird bei dieſer Anordnung übrigens vergleichsweiſe dünn. Will man trotz des Vorragens des Unterzuges eine ebene Unterfläche haben, ſo muſs man den die Aſche tragenden Putz entſprechend tief hängen (Fig 264), alſo die ganze Decke dicker machen.

Fig. 263.

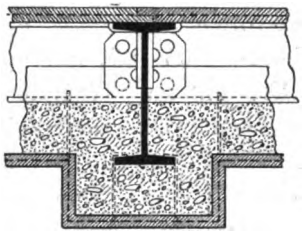
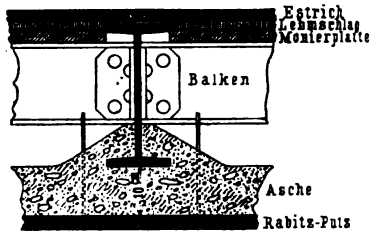


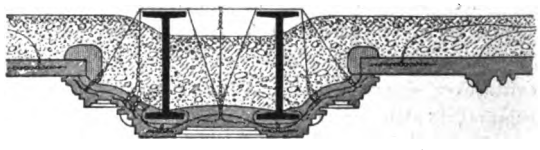
Fig. 264.



Um die Träger auch von oben zu decken, iſt zunächſt eine Lage von *Monier*-Tafeln aufgelegt, welche in Fig. 263, 5 cm dick, Träger und Unterzug deckend, zugleich den Fuſsboden bildet und ſo nur mäſsigen Schutz gewährt.

Um ebene Lagerung zu ermöglichen, muſste den Balken im Anſchluſſe der obere Flanſch genommen werden. In Fig. 264 liegt die Balkenoberkante ſo weit unter der Oberkante des Unterzuges, daſs dieſe etwa bündig mit den *Monier*-Platten bleibt; über das Ganze iſt dann ein dünner Lehmſchlag gebreitet, der einen Eſtrich aufnimmt. Dieſe Anordnung giebt einen wirkſameren Feuerſchutz nach oben als die in Fig. 263 dargeſtellte.

Fig. 265.



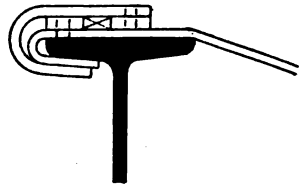
130. Gipsdecken von *Odorico*.

Die Konſtruktion einer Gipsdecke mit Drahteinlagen von *Odorico* aus dem Gerichtshauſe zu Frankfurt a. M.[203]) zeigt Fig. 265.

Zunächſt wurde die Deckenbekleidung mit drei Hanfgewebeeinlagen gegoſſen und fertig unter die Träger gebracht, indem man Bindedrähte an die mit eingegoſſenen verzinkten Drahtenden anknüpfte. In die Bekleidungstafeln der Felder waren bügelartig nach oben vorragende Drähte zu inniger Verbindung mit den übrigen Schichten der Decke eingegoſſen.

Nach genauem Einpaſſen dieſer Bekleidung wurde eine weitere Gipslage mit Hanfgewebeeinlagen eingebracht, um die Bekleidungsſtücke mit den Trägern ſicherer als durch die Bindedrähte zu vereinigen. Weiter wurden Gipsleiſten eingeſtrichen, um die Fugen zwiſchen der Trägerbekleidung und den Bekleidungstafeln der Fache ſicher zu decken und dieſe Tafeln am Verſchieben zu hindern. Dieſe Körper genügten, um als Rüſtung für die weiteren Arbeiten zu dienen.

Fig. 266.



Nun wurde eine dicke Lage aus Gips mit Kalkbrei und Kieſelſteinen eingefüllt und ſchlieſslich der Feuerſicherheit wegen eine nach den Trägern bogenartig heruntergezogene Kiesbetonſchicht aufgeſtampft. Das Einbringen der Schichten erfolgte ſo, daſs ſie ſämtlich unmittelbare Verbindungen mit den Nachbarn eingehen konnten.

Die Tragfähigkeit dieſer Decke iſt nicht geringer als die einer guten Betonkappe, und Erſchütterungen ſind nicht im ſtande, die reiche Gipsdecke zu verletzen. Schwere fallende Gewichte ſchlugen nur kleine Löcher, ohne die Umgebung zu verletzen. Die Koſten der Decke betrugen für die Gipsteile je nach dem Reichtum der Ausſchmückung 12 bis 15 Mark, für den Beton 5,25 Mark für 1 qm.

131. Voutenplatte und Plandecke von *Koenen*.

Die »Voutenplatte« von *Koenen* (Fig. 267 u. 268[204]) bietet eine bis 6 m Weite hergeſtellte, tragende Fachausfüllung zwiſchen in groſsen Abſtänden verlegten Trägern. Die an ſich ihrer hohen Tragfähigkeit wegen ſchwache Platte wird oben bündig mit

---

[203]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 275.

[204]) Siehe: Deutſche Bauz. 1898, S. 339, S. 380. — Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 579. — Erzeugt von: Aktiengeſellſchaft für Beton- und Monier-Bau in Berlin W. — D. R.-G.-M. — D. R.-P. angemeldet.

Digitized by Google

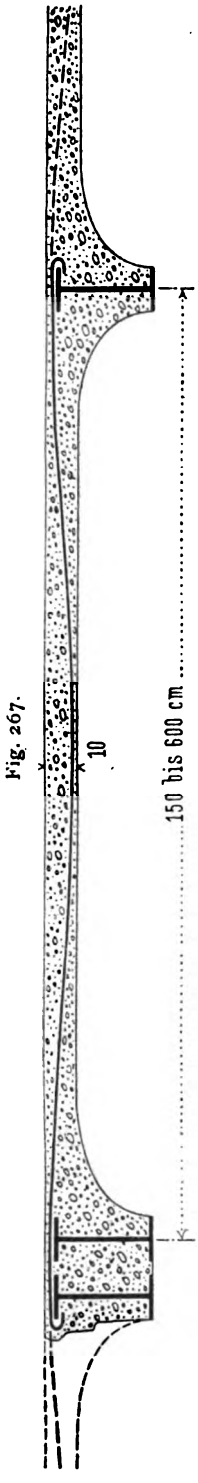


Fig. 267.

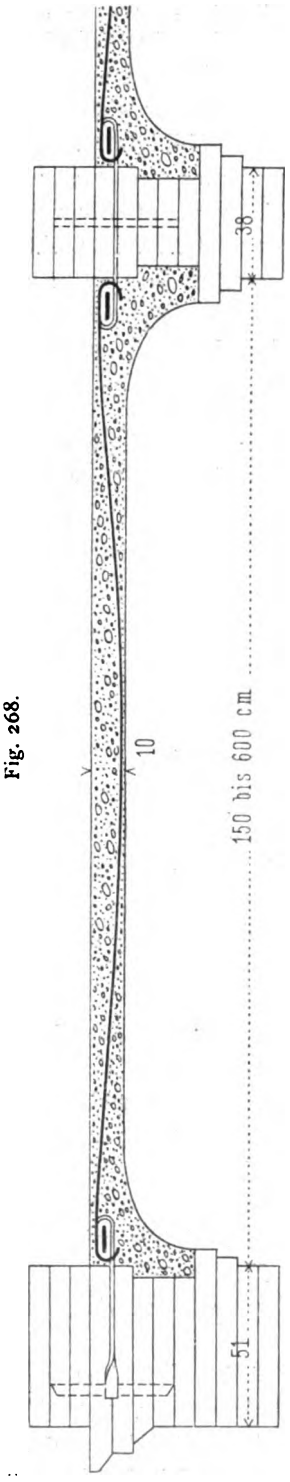


Fig. 268.

den Balken gelegt; die die Zugſeite verſtärkenden Drähte liegen auch über den Trägern, um ſie zwecks ſichererer Aufnahme der Zugwirkung um die Trägerflanſche klammern zu können. Jeder Draht iſt zwiſchen den Balken ſo weit krumm gebogen, daſs er in der Mitte, der Stelle des gröſsten Biegungsmoments, der Zugſeite möglichſt nahe rückt und nur eben genügend Beton unter ſich behält, um das Haften des Drahtes im Beton zu ſichern und zu ſtarke Erhitzung durch Feuer zu verhüten. Die Platte iſt mittels Hohlkehlen nach den Trägerflanſchen heruntergezogen, ſo daſs ſichere Stützung ohne beſondere Teile und zugleich Schutz der Träger gegen Feuer und Roſt erzielt wird. Der vollſtändigen Umhüllung der Träger, ſowie dem Einlegen von Doppelträgern ſteht nichts im Wege. Der Deckenputz haftet unter dem auf Schalung eingeſtampften Beton hinreichend. Da, abgeſehen von den Drahtenden und dem eigentlichen Fuſsboden, keine Teile die Decke kreuzen, ſo erhält ſie im ganzen eine möglichſt geringe Höhe, zumal das Herabziehen der Hohlkehlen an den Balken auch als Verſtärkung dieſer wirkt und vergleichsweiſe niedrige Ausbildung der Träger geſtattet.

Um die Krümmung der Drähte genau einſtellen, überhaupt die nicht immer genau paſſenden Haken der Drähte ſicher gegen die Träger feſtlegen zu können und um das Geradeziehen der Haken unter ſtarker Laſt zu verhindern, ſind die in Fig. 266 dargeſtellten Keilklammern[205]) der Maſchinenbau-Aktiengeſellſchaft zu Nürnberg verwendbar, welche in erſter Linie für Flacheiſenhaken beſtimmt, auch für Drähte einzurichten ſind.

Dieſe Hohlkehlenplatte bedarf übrigens nicht unbedingt der Träger für ihre Auflagerung; ſie kann im letzten Felde einer gröſseren Trägerlage oder, wenn in einem ſchmalen Raume zwiſchen zwei

[205]) D. R.-G.-M. 94118.

Digitized by Google

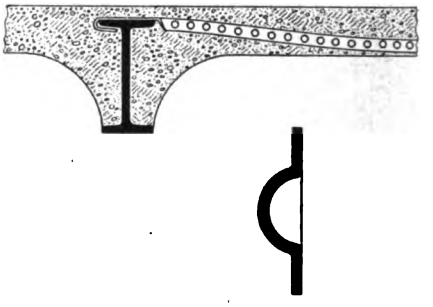
Wänden überhaupt keine Träger liegen, ebenfogut nach Fig. 268 auch unmittelbar an den Wänden gelagert und bezüglich der Drahtenden befeftigt werden, indem man ein vor der Wand wagrecht angebrachtes Flacheifen zum Umbiegen der Drahtenden benutzt und es andererfeits mittels Ankerhaken in der Wand feft macht. Diefe Hohlkehlen-Plattendecke gehört zu den einfachften und billigften vorhandenen Betondecken.

Weiter vervollkommnet ift diefe Konftruktion von *Koenen*[206]) in feiner »Plandecke«, bei der die gekrümmten Zugeifen in nach unten vorfpringende Einzelrippen gelegt find, wie bei *Möller* (vergl. Art. 143 und Fig. 284, S. 143), um den Hebel der Einlagen bezüglich des gedrückten Oberteiles der Platte zu vergröfsern.

132. Platten mit Wellblechfchiene von *Stapf*.

Eine im wefentlichen hiermit übereinftimmende Betonplatte mit Eifeneinlage zeigt Fig. 269 nach *Stapf*[207]). Die Einlage befteht hier aus hochkantig geftellten, an den Enden zum Aufhaken auf die Trägerflanfche verdrehten Bandeifen mit Einbeulungen, fog. »Wellblechfchienen«[208]). Bei diefer Konftruktion wird Eingreifen der Einlage in den Mörtel erzielt, das Eifen aber weiter von der Zugfeite entfernt.

Fig. 269.



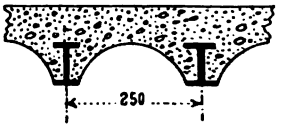
133. Rippenplatten.

Eine vergleichsweife alte nordamerikanifche Betonplatte mit Eifeneinlage, welche vielfach vorbildlich für andere Ausbildungen gewirkt hat, zeigt Fig. 270 (vergl. auch Fig. 228 und 229, S. 123). Da der untere gezogene Teil der Platte nach den Auseinanderfetzungen in Art. 104 (S. 110) für hohe Zugfpannungen doch nicht nutzbar zu machen ift, fo ift fie ausgefpart und nur mit folcher Breite um die Einlagen aus gedrehten Quadrateifen (fiehe Fig. 213, S. 120) ftehen geblieben, dafs ihre genügende Verbindung mit dem oberen Druckteile der Platte gefichert wird. Letztere hat die nach unten bogenförmigen Begrenzungen zwifchen den Einlageftegen einerfeits des Bildes von gewölbten Fachausfüllungen halber, andererfeits nach der Ueberlegung erhalten, dafs die Druckfpannungen der Druckplatte nicht gleichmäfsig über ihre Breite verteilt, fondern überwiegend in der Nähe der vereinzelten Zuggurtungen auftreten werden, und diefer Häufung der Druckfpannungen hat man auch einen verftärkten Druckquerfchnitt entgegengefetzt.

Fig. 270.

Mit einer Wölbwirkung hat die Anordnung trotz der gekrümmten Geftalt der Fachböden nichts zu thun; fie ift eine lediglich durch ihren Biegungswiderftand wirkende Platte, für welche der obere durchlaufende Betonkörper die Druckgurtung bildet, während die Rippen mit den Quadrateifeneinlagen als Wand- und Zuggurtung des Tragwerkes wirken. Die Ausfparungen verringern das Gewicht der Decke.

Fig. 271.



134. Rippendecken von *Koenen*.

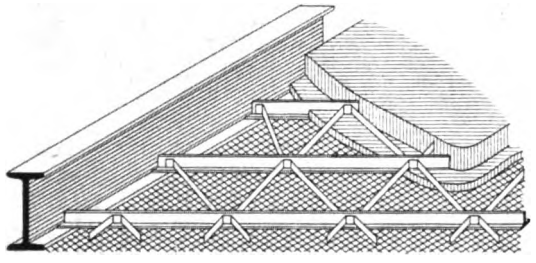
Eine der neueren Anordnungen, die diefen Gedanken benutzen, ift die *Koenen*'fche »Rippendecke« (Fig. 271[209]), welche ftatt dünner Eifeneinlagen kräftigere I-Eifen als Zugglieder in den unteren, rippenartig vorfpringenden Teilen der Betondecke verwendet. Die Wirkungsweife ift im wefent-

[206]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1901, S. 108.
[207]) Siehe ebendaf., 1898, S. 636. — D. R.-G.-M. 98737. — Vergl. auch Fig. 228 u. 229, S. 123.
[208]) Siehe: *Nouv. annales de la conftr.* 1887, S. 29.
[209]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50.

Digitized by Google

lichen dieſelbe, wie diejenige der zuletzt beſchriebenen; nur nehmen die hohen I-Einlagen nicht bloſs Zugſpannungen auf; ſie beteiligen ſich vielmehr in erheblichem Maſse an der Aufnahme der Biegungsmomente. So wird eine Decke von hoher Tragfähigkeit für groſse Laſten erzielt. Völlige Ummantelung der I-Eiſen gegen Roſt und Feuer iſt leicht herzuſtellen. Sind die I-Eiſen ſtark genug gewählt, um das Eigengewicht der Decke und die Arbeitsvorrichtungen zu tragen, ſo braucht die Decke nicht eingerüſtet zu werden, ſondern iſt mittels kleiner Hängerüſtungen auf Rutſchdielen herzuſtellen, wie in Art. 84 (S. 91) beſprochen iſt.

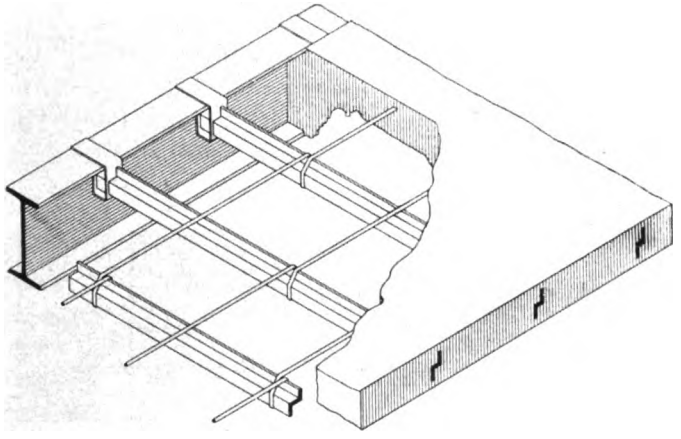
Fig. 272.



135. Betondecken von *Donath*.

Die Betondecke von *Donath* (Fig. 272 [210]) iſt in der Zuſammenſetzung verwickelter. Zwiſchen die weitgeteilten Balken werden auf ihre Unterflanſche zunächſt Querträger aus kleinen I- oder ⊥-Eiſen in etwa 30 cm Teilung eingelegt, welche zwiſchen ſich ein Netzwerk aus hochkantig ſtehenden, hin und her gebogenen und in den Knickſtellen an die Querträger genieteten Bandeiſen aufnehmen. Unter dieſe zahlreichen Tragkörper wird ſchlieſslich ein engmaſchiges Drahtnetz gehängt und geſpannt. Nun wird zunächſt eine dünne Schicht Putzmörtel in das Netz eingebracht und darauf eine ſtärkere Betonſchicht, welche das Flacheiſennetzwerk und die Querträger ganz einhüllt. Einrüſtung iſt für dieſe Herſtellung nicht nötig; man kann den Putz unter dem Netzwerke ohne weiteres abreiben.

Fig. 273.



Eine ſolche Decke wiegt bei 1,50 m Balkenteilung und 8 cm Putz- und Betondicke 144 kg für 1 qm. Eine in Berlin [211]) mit 157 cm Balkenteilung, 22 cm hohen I-Trägern und 10 cm Beton erbaute derartige Decke wurde mit 4070 kg für 1 qm belaſtet, ohne weſentliche Veränderungen zu zeigen.

136. Betondecken von *Mueller*.

Die Betondecke von *Mueller* (Fig. 273) wird auf voller Schalung eingeſtampft; ſie hat nur das Beſondere, daſs als Zugglieder im Beton kleine L- oder ⌐⊥-Eiſen verwendet werden. Günſtiger als letztere würden kleine ⊔-Eiſen ſein, da man ihren Schwerpunkt der Unterfläche der Platte näher rücken kann; doch ſtöſst dann die ſichere Einbettung von unten auf Schwierigkeiten. Mit dieſer Decke ſtimmt die Betondecke von *Donath* [212]) mit Einlagen aus S-förmig gebogenem Bleche bis auf die Geſtalt dieſer Einlagen völlig überein.

137. Spiraleiſendecken.

Eine Einlage eigentümlicher Geſtaltung zeigt die »Spiraleiſen-Betondecke«

[210]) Erzeugt von: *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 49. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Deutſche Bauz. 1895, S. 591.

[211]) Geſchäftshaus: Oberwaſſerſtraſse 12.

[212]) Erzeugt von *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1900, S. 69.

Digitized by Google

von *Thomas & Steinhoff* in Mülheim a. R.[213]), die behufs Erzielung kräftigen Haftens des Eifens im Mörtel um die Längsachfe ftark verwundene Bandeifen einftampfen. Aehnliche Verwendungen wurden auch von *Düfing*[214]) angegeben.

Die Flacheifen haben 35 mm Höhe, 1,6 mm Dicke und werden in 33 cm Teilung auf die Balken gelegt, dann in 8 bis 10 cm Beton eingeftampft, fo dafs etwa 2 cm Beton unter dem tiefften Punkte der Bandeifen bleiben. Die Lage zu den Balken ift unten (Fig. 274) wie oben (Fig. 275) möglich, indem man im letzteren Falle Beton und Bandeifen an den Balken herabzieht. In erfterem Falle ift befondere Unterftützung oder Auffüllung für den Fufsboden nötig, im letzteren befonderes Anbringen des etwaigen Deckenputzes, der aber bei diefen fo wie fo nach unten in Mörtel abgefchloffenen Decken meift fehlt.

Fig. 274.

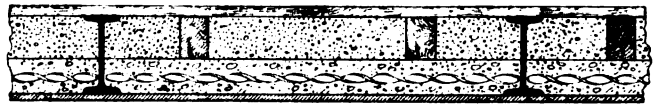


Fig. 275.

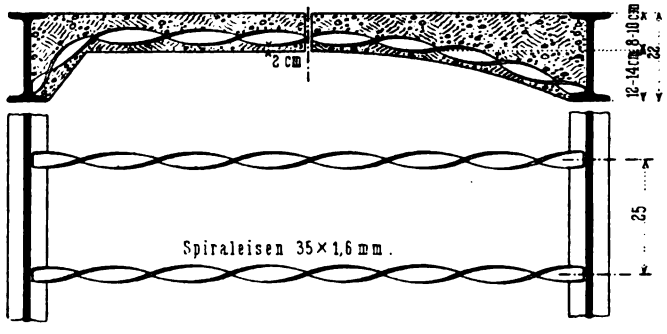
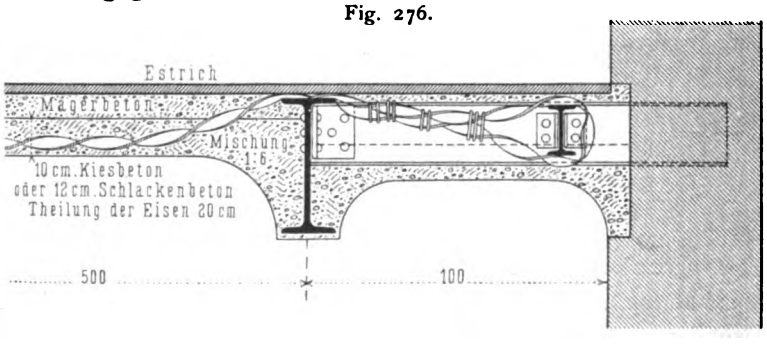


Fig. 276 zeigt eine 5,00 m weit gefpannte Kaffettendecke diefer Art mit Verankerung der in 20 cm Teilung verlegten Eifen in den 1,00 m weiten Seitenfachen. Bei Verwendung von 10 cm Kiesbeton der Mifchung 1 : 6, welcher nach Bedarf mit Magerbeton überfüllt werden kann, wird die zuläffige Verkehrslaft der Decke mit 750 kg für 1 qm angegeben.

Fig. 276.



138. Decken von *Hennebique* und von *Deumling*.

Ein Beifpiel der Ausführung einer plattenförmigen Betoneifendecke nach *Hennebique*[215]) bietet die Decke des Untergefchoffes im neuen *Palais des Champs-Elyfées* in Paris, welches aus Anlafs der Ausftellung im Jahre 1900 für die Kunftausftellung errichtet ift.

[213]) D. R.-G.-M. 74313.

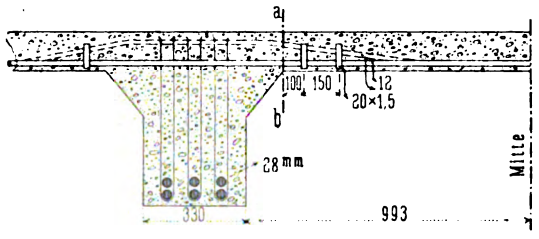
[214]) Siehe: Deutfche Bauz. 1897, S. 48.

[215]) Siehe: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1900, S. 209. — *Le génie civil*, Bd. XXXIII (1898), S. 54. — *Nouv. annales de la conftr.* 1899, S. 1. — Schweiz. Bauz., Bd. XXIX (1897), S. 61; Bd. XXV (1895), S. 31. — Baugwks.-Zeitg. 1896, S. 91. — Regeln für die Ausfuhrung von *Hennebique*-Decken fiehe: Zeitfchr. f. Berg-, Hütten- u. Mafchinenind., Bd. XIX (1900), S. 18. - Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 97, 117.

Digitized by Google

Die Decke (Fig. 277 u. 278) beſteht aus 6,09 m freiliegenden Balken, deren Zwiſchenräume mit 1,986 m weit freiliegenden Platten gedeckt ſind, wobei die Platten wieder die Druckgurtung, die Balken die Zugglieder bilden. Dieſe Decke iſt für 100 kg auf 1 qm Laſt des Fuſsbodens und 1000 kg für 1 qm Verkehrslaſt beſtimmt.

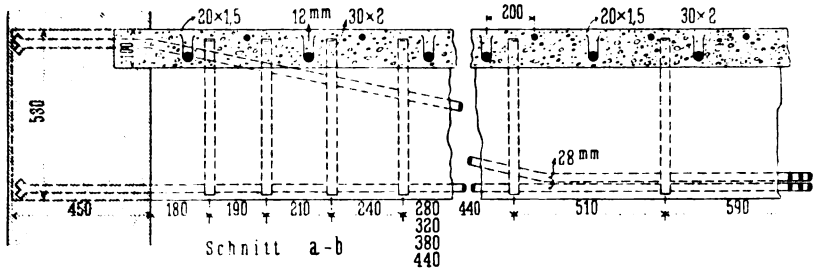
Fig. 277.



Die Probebelaſtung wurde bis über 2400 kg für 1 qm getrieben, wobei die Durchbiegung 0,9 mm betrug. Fig. 279 zeigt eine Anordnung mit Stütze, Unterzug und Balken nach *Hennebique*, nach Angaben von *Martenſtein & Joſſeaux* in Karlsruhe.

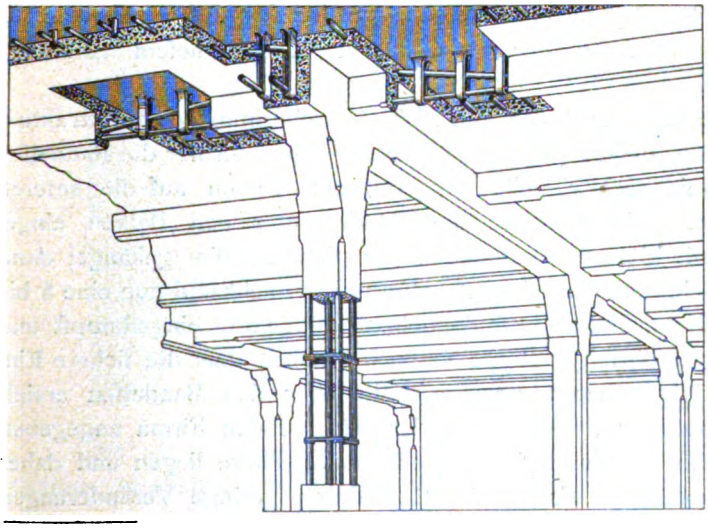
Neben den Ausführungen von *Hennebique* ſind in Frankreich diejenigen von *Coignet*, von *Cottancin* und von *Bonna*[216]) verbreitet, welche ſich von erſterer namentlich durch Einlegen von Metall auch in die Druckſeite, dann durch

Fig. 278.



die Mittel zur Verbeſſerung des Haftens der Eiſen im Beton unterſcheiden. Alle bilden ſtarke Tragbalken mit ſchwächeren Zwiſchenplatten. Bis auf *Bonna*, der kleine Walzformen einlegt, verwenden alle Rundeiſen.

Fig. 279.



Im weſentlichen gleiche Anordnungen, wie die *Hennebique*'ſche Decke, zeigt die Hängedecke von *Deumling*[217]).

139. Decken von *Helm*.

Eine einfache und wirkſame Zuſammenſetzung zeigen die Betondecken von *Helm*[218]). Hier beſtehen die Eiſeneinlagen aus langen, geraden Bandeiſen, welche hochkantig zwiſchen die Balken gebracht werden, indem man ſie am

216) Siehe: Zeitſchr. f. Berg-, Hütten- u. Maſchinenind., Bd. XVIII (1899), S. 70.
217) Siehe: Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145.
218) Siehe: Bauinduſtrie 1898, S. 1.

Digitized by Google

Balkenſtege jedesmal rechtwinkelig abbiegt, um die Bandeiſenteilung von etwa 10 cm am Stege entlang führt und ſie dann wieder rechtwinkelig abbiegend zum nächſten Balken zurückſtreckt, dieſes ſo lange wiederholend, bis die vorhandene Bandlänge verbraucht iſt. Die Bandeiſen liegen der Betonunterkante möglichſt nahe.

140. Decken von *Melan*

Eine urſprünglich für Brücken beſtimmte und auch überwiegend für ſolche verwendete Konſtruktion mit Verbindung von Eiſen und Beton iſt diejenige von *Melan*[219]), welche ſich ebenſogut auch für ſchwer belaſtete Decken eignet. *Melan* weiſt dem Eiſen nicht bloſs die Rolle eines Zuggliedes gegenüber den gedrückten Betonſchichten zu, ſondern er ſtellt, wie *Koenen* bei der Rippendecke (Fig. 243 u. 271; ſiehe Art. 134, S. 138) beide mit gleichen Aufgaben ineinander, indem er ein vollſtändiges eiſernes Tragwerk, nicht bloſs eine eiſerne Zuggurtung, in den Beton einbettet. Für Decken führt dies zu der Anordnung, I-Balken in eine die Trägerquerſchnitte von allen Seiten einhüllende Betonplatte einzulagern. Dieſe Decke wird namentlich

Fig. 280.

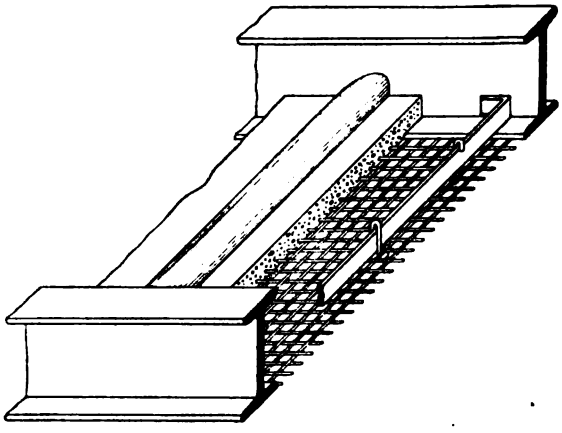


Fig. 281.

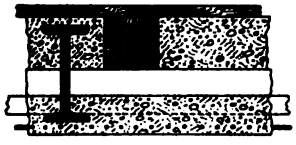


Fig. 282.

ſehr hohen Laſten gegenüber in Frage kommen; doch iſt auf die Herſtellung bezüglich des Anbindens des Betons an die Träger groſse Sorgfalt zu verwenden, weil der durchſchnittliche Zuſtand der angelieferten Träger dieſem Anbinden nicht günſtig iſt.

141. Rippendecken von *Möbers*.

Eine im weſentlichen mit der Decke von *Helm* übereinſtimmende Konſtruktion zeigt die Rippendecke von *Möbers* (Fig. 280 bis 282[220]), bei der nur die Bandeiſen einzeln abgelängt und mit rechtwinkelig umgebogenen Enden auf die unteren Trägerflanſche gelegt ſind. Ein zwiſchen die Wände unter den Balken eingeſpanntes Drahtnetz wird mit kleinen Drahthäkchen an die Bandeiſen gehängt; dann wird etwa 2 cm unter dem Gewebe eine Hängeſchalung angebracht und nun eine 5 bis 6 cm ſtarke Betonſchicht, Netz, Haken und Bandeiſen umhüllend, eingeſtampft und über jedem Bandeiſen in wulſtförmiger Rippe ſo hoch geführt, daſs die ſichere Einhüllung und auch noch einiger Betondruckquerſchnitt über den Bandeiſen erzielt wird. Als Mangel der Anordnung, wie ſie von der ausführenden Firma angegeben wird, iſt hervorzuheben, daſs die Bandeiſen zu hoch in der Platte liegen und daher nicht voll zur Geltung kommen. Es würde aber durch geringe Veränderungen möglich ſein, die Bandeiſen auf das Drahtnetz herabzurücken. Fig 280 zeigt die

[219]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XL, (1898) S. 45. — Vergl. auch Art. 122 (S. 130), ſowie Fig. 241 u. 252.

[220]) Erzeugt von: *Carl Möbers & Wilhelm Wirtz* in Düſſeldorf.

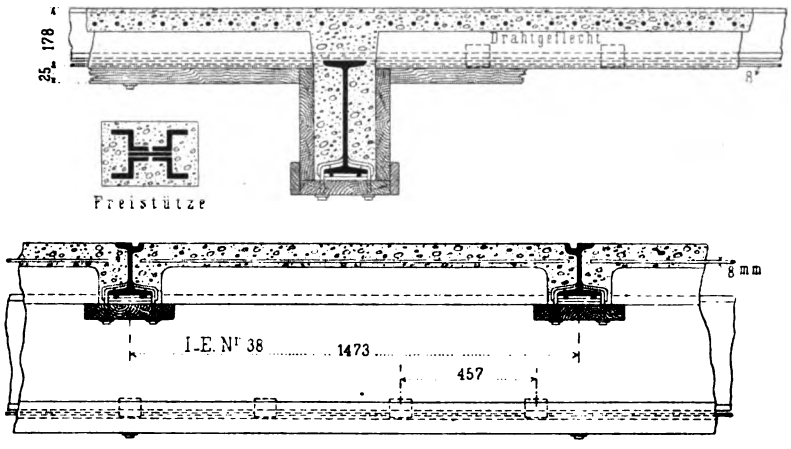
Digitized by Google

Geſamtanordnung dieſer Deckenteile, Fig. 281 die Verwendung zu einer Decke mit Holzfuſsboden, Holzlagern und Eiſenbalken und Fig. 282 das Anbringen von Eſtrich mit Linoleum auf Füllſand bei Eiſenbalken.

142. *Ranſome Concrete-Floors.*

Eine ſchwer belaſtete Betondecke mit Einlagen aus 8 mm ſtarken, gedrehten Fluſseiſen-Quadratſtäben, welche zur Aufnahme des Putzes auch unter den Trägern angebracht ſind, zeigt Fig. 283. Die von der *Ranſome Concrete-Floor*-Geſellſchaft[221]) in einem neuen nordamerikaniſchen Straſsenbahnhofe ausgeführte Decke

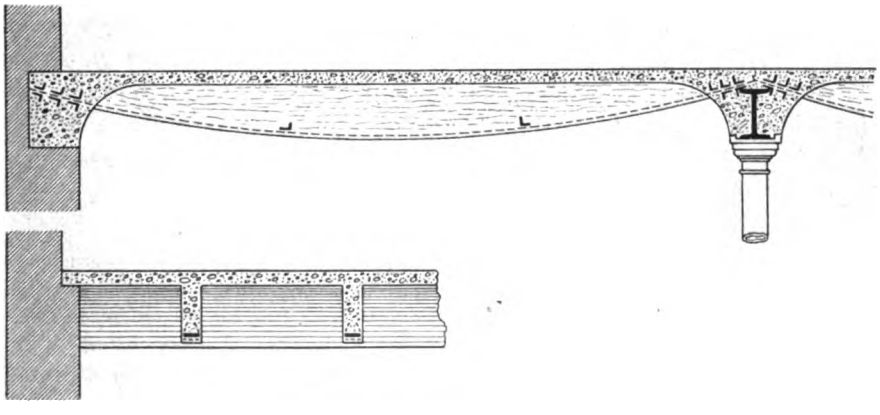
Fig. 283.



hat die Straſsenbahnwagen aufzunehmen, weshalb entſprechende Rillenſchienen eingebettet ſind.

Die Decke iſt für 850 kg auf 1 qm Verkehrslaſt beſtimmt und hat 137 kg für 1 qm Gewicht. Bei Belaſtungsproben trat als Beginn der Zerſtörung das Loslöſen der unter den Quadrateiſen liegenden Betonſchicht ein, als die Laſt auf nahezu 6000 kg für 1 qm gebracht war.

Fig. 284.



143. Gurtträgerdecken von *Möller.*

Die »Gurtträgerdecke« von *Möller* (Fig. 284) fügt[222]) einer als Druckbalken wirkenden Betonplatte ein nach der Parabel- oder dem Kreisſtichbogen gekrümmtes Flachband als ſelbſtändige Zuggurtung hinzu, deſſen kettenförmige

221) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXIX (1898), S. 398.

222) Siehe: Zeitſchr. f. Bauw. 1897, S. 143. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006. — *Engineering news*, Bd. XLI (1899), S. 94.

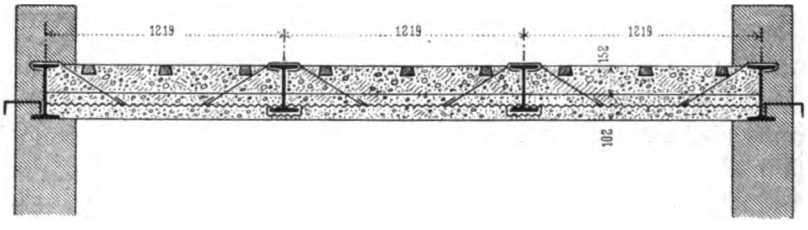
Digitized by Google

Geſtalt durch eine entſprechend geformte, mit der Druckplatte zuſammenhängend ausgeführte Zementrippe unter der Platte geſichert wird. Dieſe Rippe erſetzt die Trägerwand und dient als ſolche zugleich zum Uebertragen der lothrechten Laſt von der Platte auf das Hängeband. Wenn das Flachband ganz in die Rippe eingebettet wird, ſo geſchieht dies nur zur Erzielung von Schutz gegen Feuchtigkeit und Feuer. Zur Uebertragung der Zugkraft des Bandes an ſeinen Enden auf die Betonplatte bedient ſich *Möller* nicht des zweifelhaften Haftens des Zements am Eiſen, ſondern er nietet kleine Abſchnitte von Winkeleiſen an die Bandeiſenenden in ſolcher Länge und Zahl, daſs der Zug des Bandes durch die abſtehenden Schenkel der Winkeleiſen als Druckflächen auf den Beton übertragen werden, ohne daſs der Beton zerdrückt und die Winkeleiſen abgeſchert oder verbogen werden könnten. Ein Beiſpiel einer gröſseren Ausführung dieſer Art bietet die Eindeckung der Pleiſse vor dem Reichsgerichtshauſe in Leipzig.

144. Rippen-Kaſſettendecke.

Die in Fig. 401 dargeſtellte amerikaniſche Kaſſettendecke, in deren Rippen längs und quer verwundene Quadrateiſen[223]) eingelagert ſind, ſucht gleichfalls eine hohe Tragfähigkeit dadurch zu erzielen, daſs das auf Zug wirkende Eiſen weit von der eine durchlaufende Platte bildenden Betondruckgurtung entfernt wird.

Fig. 285.



145. Decke der *Manhattan Conſtruction Co.*

Die Decke der *Manhattan Conſtruction Co.*[224]) in New-York (Fig. 285) wird mit der Einlage aus eingeſchnittenem und dann aufgezogenem Fluſseiſenbleche (*Expanded metal, Métal déployé*[225]) hergeſtellt, welche in Art. 115 (S. 119) zu Fig. 207 bis 209) bereits beſchrieben iſt und ſich dem Beton ſehr innig einfügt. Daſs dieſe Form der Einlage wegen der vielen Einſchnitte und wegen der beim Aufzerren eintretenden, zahlreichen Formänderungen ſelbſt keinen hohen Grad von Tragfähigkeit beſitzt, kommt wenig in Frage, da es bei derartigen Einlagen ja in der Regel nicht möglich iſt, ihre Feſtigkeit auch nur annähernd auszunutzen, wenn man nicht Riſſe in den gezogenen Teilen des Betons zulaſſen will, die wohl in den weitaus meiſten Fällen vermieden werden ſollen.

Bei der in Fig. 285 dargeſtellten Decke dieſer Art, welche ſeitens des Stadtbauamtes von New-York der in Art. 146 (S. 146) beſchriebenen Feuerprobe unterworfen wurde, iſt die Einlage mit 76 mm Seite der Maſchen aus 3,4 mm dickem Bleche, Nr. 10 B. W. G., auf die Unterflanſche der Balken gelegt, deren Unterſeite durch an die Einlage gebundene Drahtnetzſtreifen unterdeckt iſt. In die Einlage wurde eine unter dieſer 25 mm, im ganzen 89 mm ſtarke Lage von Beton aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 3 Teilen Kohlenaſche eingeſtampft; die Netze unter den Balken wurden 13 mm ſtark eingeputzt, und dann wurde die ganze bündige Unterfläche 13 mm ſtark mit Kalk geputzt. Die Auffüllung beſtand aus 1 Teil Zement und 10 Teilen Kohlenaſche. Die Decke erlitt durch die Hitze keinen Schaden, bog

223) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 235.

224) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 255.

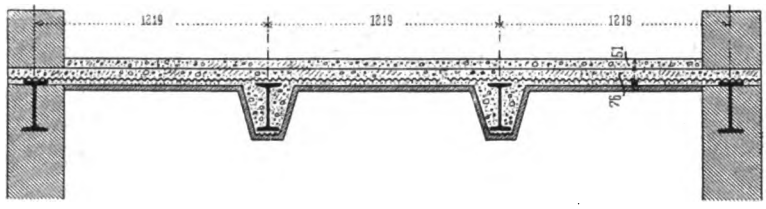
225) Erzeugt von: *Central Expanded Metal Co.* und *Expanded Metal Fireproof Conſtruction Co.* in New-York. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XXVII (1897), S. 269. — Schweiz. Bauz., Bd. XXXVI (1900), S. 93. — *Engng.* 1900 — II, S. 331. — In Deutſchland jetzt vertreten durch: *Schüchtermann & Kremer* in Dortmund.

Digitized by Google

ſich unter 730 kg für 1 qm Laſt bei 4267 mm Lichtweite 52 mm durch und verlor den Putz und einen Teil des Betons unter der Einlage erſt durch den ſtarken, 15 Minuten wirkenden Waſſerſtrahl. Nach Abkühlung war die Durchbiegung 25 mm. Die Decke hatte alſo der abwechſelnden Wirkung des Feuers und kalten Waſſers nicht vollkommen widerſtanden.

Eine zweite Form derartiger Decken zeigt Fig. 286[224]). Die Einlage iſt oben über die Träger geſpannt. Die Betonlage aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und

Fig. 286.

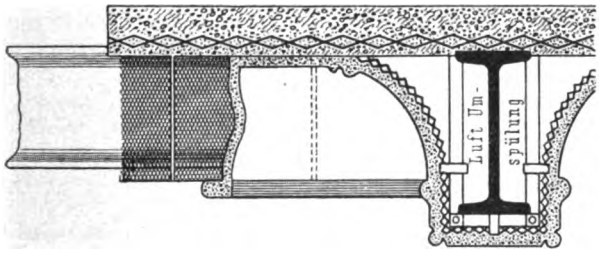


4 Teilen Kohlenſchlacke iſt 76 mm dick und umhüllt die unten mit Drahtnetz unterſpannten Träger. Auf dieſer Decke liegen 51 mm Beton aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 8 Teilen Kohlenſchlacke zur Einbettung der Fuſsbodenlager. Die ganze Unterfläche iſt mit *King*'s Windſor-Asbeſtzement abgeputzt.

Auch dieſe Decke iſt ſeitens der ſtädtiſchen Bauverwaltung von New-York der öfter geſchilderten Feuerprobe (ſiehe Art. 146, S. 146) unterworfen unter der Laſt von 730 kg für 1 qm; die Durchbiegung betrug 63 mm. Nach 15 Minuten Ueberflutung von oben und Anſpritzung von unten zeigte ſich wieder, daſs Putz und Betonlage unter den Balken und der Einlage weggeſchwemmt waren; da, wo der ſcharfe Waſſerſtrahl nicht gewirkt hatte, war auch die Unterfläche ganz unverletzt. Die Einwirkung des Feuers auf dieſe Decke iſt eine ſtärkere als diejenige auf die in Fig. 285 dargeſtellte wegen der vertieft liegenden Balkenfelder.

Fig. 287 ſtellt einen Unterzug mit Balken dar, die oben eine Betondecke mit aufgezogener Blecheinlage tragen, übrigens feuerſicher eingehüllt ſind[226]). Um auſser dem Schutze der Betonhülle noch den eines groſsen Luftraumes zu ſchaffen, ſind auf die Träger zunächſt Rahmen aus Bandeiſen gehängt, mit denen kleine Klammern zur Befeſtigung des Blechgitters verbunden ſind. Mittels des letzteren bringt man das Gitter in die gewünſchte Form, und kann es dann von auſsen her in gewöhnlicher Weiſe einputzen und abziehen, da es hierzu hinreichend engmaſchig iſt.

Fig. 287.



Die Betondecke der *Columbian fireproofing Co.* (Fig. 288 u. 289[227]) beſteht aus einer Betonlage aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 5 Teilen Steinſchlag in irgend einer Höhe der I-Balken, in welche in 508 mm Teilung doppelte Kreuzeiſen von 51 mm Höhe eingelegt ſind, und zwar mit ihrer Mitte über die Mitte der 83 mm ſtarken Betonplatte. Demnach iſt hier die Eiſeneinlage weniger zur Entlaſtung der Zugſeite des Betons, als zur Erzielung einer ſelbſtändigen Trägerwirkung eingefügt. Die Doppelkreuzeiſen werden vor dem Einbringen des Betons durch über die Balken

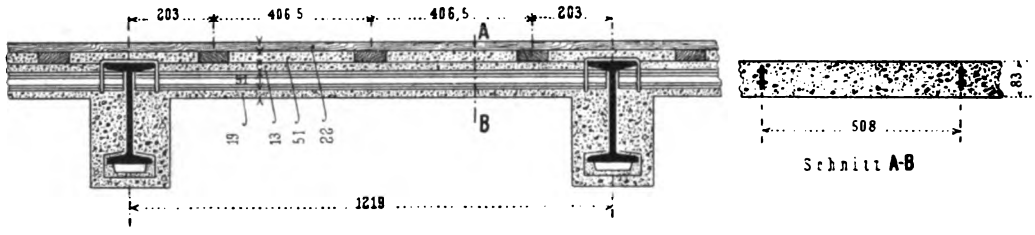
146. Decken der *Columbian fireproofing Co.*

[226]) Siehe: *Revue technique*, Bd. XIX (1898), S. 265, 313.
[227]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 7.

Digitized by Google

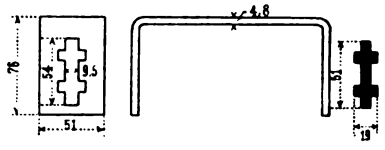
gelegte Blechbügel mit entſprechender Lochung in der ihnen beſtimmten Höhenlage angebracht. Die Betonhülle der Balken wird in ihrem Boden noch beſonders durch auf die Unterflanſche gehängte Drahtbügel getragen, zeichnet ſich aber noch dadurch aus, daſs ſich dieſer Boden nicht dicht unter den Balken legt, ſondern

Fig. 288.



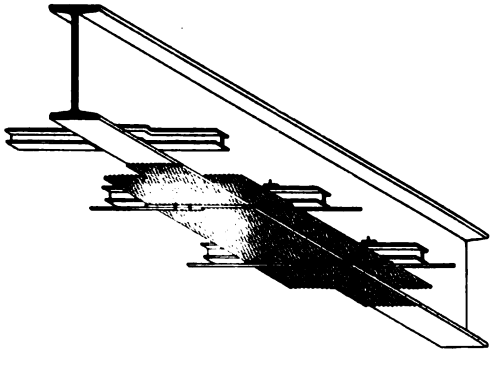
einen nicht unbeträchtlichen Luftraum unter dem Balken frei hält, der den Feuerſchutz weſentlich erhöht; ſeine Form iſt die beim Einſtampfen entſtehende unregelmäſsige. Für die Füllung zwiſchen den Fuſsbodenlagern iſt ein Beton aus 1 Teil Zement, 5 Teilen Sand und 10 Teilen Steinſplittern verwendet.

Fig. 289.



Die in Fig. 288 dargeſtellte Decke wurde 30 Tage alt mit 730 kg für 1 qm Eiſenballaſt belaſtet. Sie war in einem Probegebäude ſeitens der ſtädtiſchen Verwaltung von New-York hergeſtellt, in deſſen unterem Teile die nötigen Roſtanlagen zur dauernden Unterhaltung eines gut genährten Feuers angebracht waren. Das Feuer brachte ſchnell eine Wärme von 1150 Grad C. hervor, die dann mit geringen Schwankungen 5 Stunden lang erhalten wurde. Dann wurde die Decke von unten 15 Minuten mit kaltem Waſſer beſpritzt und von oben 5 Minuten lang ebenſo überflutet. Der Spritzenſtrahl war unter 4,2 Atmoſphären Druck ſo ſtark, daſs die Oberfläche der Wände ſtellenweiſe davon verletzt wurde. Bei der Prüfung zeigte ſich, daſs der Waſſerſtrahl die dünne Betonlage unter den Balken und Eiſeneinlagen ſtellenweiſe weggewaſchen hatte; ſonſt war die Decke unverletzt; nur hatte ſie bei 487 cm Lichtweite in heiſsem Zuſtande 89 mm Durchbiegung angenommen, die mit der Abkühlung mit Waſſer auf eine bleibende von 76 mm zurückging. Eine Woche ſpäter wurde ein Feld mit 3000 kg für 1 qm belaſtet, wobei ſich die Träger 13 mm durchbogen, ohne daſs eine Verletzung der Decke entſtand. Die Wirkung der Wärme wurde durch die Kaſſettenform und durch das Fehlen jedes ſchützenden Putzes beſonders ſcharf gemacht.

Fig. 290.



147. Betondecken von *Holzer*.

Nach Patent *Holzer* führen *Wayſs & Freytag* in Neuſtadt a. d. H. eine Betondecke[228]) aus, welche als Eiſeneinlagen kleine, 2 cm hohe I-Eiſen erhält (Fig. 290). Dieſe liegen in 25 cm Teilung, an den Enden etwas aufgebogen, auf den Unterflanſchen der Balken bündig mit deren Unterfläche, wenn eine ebene Decke entſtehen ſoll; ſie können jedoch zur Bildung einer Kaſſettendecke auch in höhere Lage gebracht werden. Die zuläſſige Balkenteilung wird für gewöhnliche Verhältniſſe zu 2,50 m angegeben. Unter jede Einlage wird mittels Draht und mit etwa 1,5 cm Zwiſchenraum je ein Rundeiſen gehängt, welches

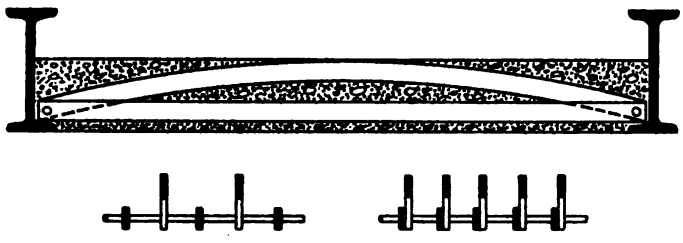
[228]) Siehe: Deutſche Bauz. 1895, S. 144.

Digitized by Google

zur ſicheren Unterſtützung von einzelnen Putzrohrſtengeln oder Putzrohrmatten benutzt wird, die ſomit auch gleich die Balkenunterflanſche eben und ſicher unterdecken.

Angegeben wird, daſs dieſe Konſtruktion beſtimmt ſei, die Ausführung der Betonplatte ohne Einrüſtung zu ermöglichen, da die Putzträger bei nur 25 cm Traglänge ſtark genug ſeien, um das Einfüllen der friſchen Betonlage zu geſtatten; nachher ſoll der Putz dann von unten angeworfen werden. Bei dieſer Art der Ausführung erſcheint aber der Umſtand bedenklich, daſs die Putzrohrſtengel auch in Mattengewebe vereinigt zu ſchwach ſind, um kräftiges Einſtampfen des friſchen Betons zu ertragen, ohne das eine tragfähige und dichte Decke nicht zu erzielen iſt und das auf einem engmaſchigen, gut befeſtigten Drahtnetze zur Not ausführbar iſt. Soll eine dichte Decke erzielt werden, ſo wird man den erforderlichen Widerſtand für das Stampfen auf irgend eine Weiſe doch ſchaffen müſſen.

Fig. 291.



148. Decken von *Wilkens*.

Bei der Decke von *C. B. T. Wilkens*[229]) erhält der Beton nach Fig. 291 vollſtändige, aus Bandeiſen gebildete Bogenträger mit Bandeiſenzugſtange als Einlage. Bogen und Zugſtange liegen entweder dicht bei einander oder ſind gleichmäſsig auf die Länge der Betonplatte verteilt. In allen Fällen ſind ſie untereinander mittels lang durchlaufender, durch Löcher der Bandeiſenenden geſteckter Rundeiſen verbunden.

Fig. 292.

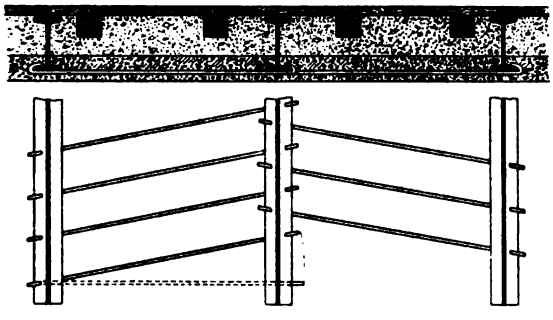


Fig. 293.

Daſs in gleicher Weiſe auch als Ketten wirkende Einlagen aus nach unten gekrümmten Bandeiſen verwendet werden können, wird gelegentlich der Beſprechung von Fachausfüllungen aus Backſteinen unter b, 4, β noch erörtert werden.

149. Decken von *Chrometzka*.

W. Chrometzka[230]) in Breslau bringt in der Weiſe Rundeiſeneinlagen in die tiefſten Schichten von Betonplatten und erzeugt zugleich eine Verſpannung der Balken gegeneinander, daſs er die Enden von Rundeiſenſtücken zu Haken ſo umbiegt, daſs ſie für die Fachbreite etwas zu lang bleiben, dieſe rechtwinkelig zu den Balken unter (Fig. 292) oder über (Fig. 293) dieſe ſtreckt und ſie dann ſo weit dreht und antreibt, daſs ſie ſich feſt auf die Trägerflanſche klemmen.

Daſs man ſo eine tragende Betontafel ſowohl über den Balken, als auch zwiſchen deren unteren Teilen herſtellen kann, zeigen Fig. 292 u. 293. Erſtere

[229]) Siehe: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1477.

[230]) D. R.-G.-M. 80434. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1477.

Digitized by Google

Konſtruktion iſt dann von der *Koenen*'ſchen Voutenplatte (ſiehe Fig. 267 u. 268, S. 137) in keinem weſentlichen Punkte verſchieden.

Aehnlich dieſer Konſtruktion iſt auch die »Spanneiſendecke« von *Zöllner*[231]).

150. Terraſtdecken von *Lilienthal*.

Der Terraſteſtrich[232]) der Terraſtbaugeſellſchaft nach *Lilienthal* kann, wie zwiſchen Holzbalken (ſiehe Art. 53, S. 64), auch zwiſchen Eiſenträgern (Fig. 294) angebracht werden. Unter Hinweis auf die Angaben für Holzbalken in Art. 53 (S. 64) iſt hier nur folgendes zuzufügen. Da ſich das Papier an den Eiſenbalken

Fig. 294.

nicht befeſtigen läſst, ſo wird hier die Ausführungsweiſe mit zu unterſt liegendem erſten Drahtnetze die Regel bilden. Die Drahtnetze werden mit Bindedrähten an die Trägerflanſche gehakt. Die Pappſtreifen über den Balken fallen weg.

151. Decken von *Bramigk*.

Um das Gewicht ſolcher geſtampfter Betondecken mit Eiſendrahteinlagen oben und unten zu verringern, legt *Bramigk*[233]) in Deſſau in der Richtung der Tragdrähte Reihen von Drainrohren ein, welche oben und unten je eine kräftige Betongurtung mit Drahteinlagen und zur Verbindung beider Gurtungen dünne Zementſtege zwiſchen ſich ſtehen laſſen. Da der Beton an die Drainrohre bei zweckentſprechender Behandlung feſt anbindet, ſo entſteht ein geſchloſſenes Gefüge, deſſen Tragfähigkeit derjenigen einer vollen Platte kaum nachgiebt, deſſen Gewicht aber weſentlich geringer iſt. Die Drähte liegen immer in den dreieckigen Zwickeln zwiſchen je zwei Drainrohren. Ausführungen ſolcher Decken ſind bis 4 m Weite ohne Trägerſtützung vorgenommen.

Fig. 295.

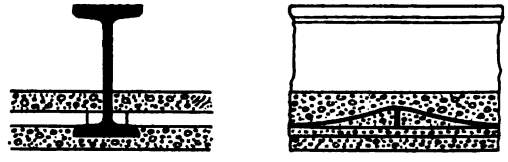
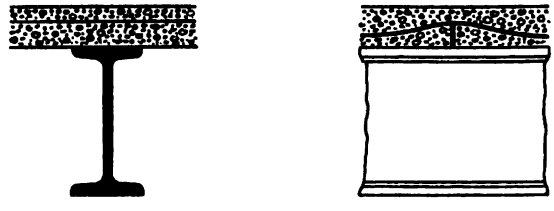


Fig. 296.



152. Framdecken von *Janſen*.

Auch die »Framdecke« von *Janſen*[234]) mit eine Juteeinlage enthaltender Mörtelplatte (ſiehe Art. 120, S. 127) wird als Ausfüllung für eiſerne Balkenlagen vorgeſchlagen. Zwei derartige Beiſpiele ſind in den Fig. 295 u. 296 dargeſtellt. Dieſe Konſtruktion weicht von der für Holzbalken (ſiehe Fig. 107 u. 108, S. 63 u. 64) beſchriebenen nicht weſentlich ab; nur ſoll Zementbeton der Miſchungen 1 : 5 bis 1 : 10 verwendet werden, und die Auflagerung auf die Balken iſt unter Benutzung der oberen oder unteren Flanſche der Balken eine erſichtlich beſſere als bei Holzbalken.

---

231) D. R.-G.-M. 80434. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1899, S. 524. — Zeitſchr. f. Arch. u. Ing. 1897, Wochausg., S. 758.

232) D. R.-P. 100194. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1900, S. 193.

233) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 144. — Zeitſchr. f. Arch. u. Ing. 1900, Wochausg., S. 207.

234) Siehe: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 188.

Digitized by Google

2) Plattenförmige, fertig in den Bau gebrachte Körper.

α) Ohne Einlagen.

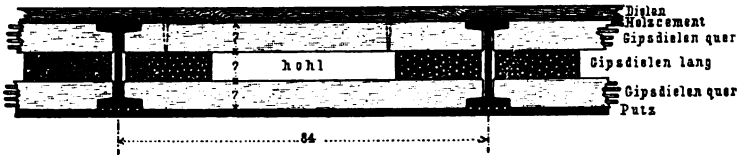
153. Gipsdielendecke von *Wayfs*.

Eine fehr gute Fachausfüllung diefer Art wird nach Patent *Wayfs*[235]) mit *Mack*'s Gipsdielen (vergl. Art. 42, S. 58 u. Art. 61, S. 71) hergeftellt, wie in Fig. 297 gezeigt ift.

Auf die Unterflanfche wird eine Lage von Gipsdielen quer gelegt, nachdem fie an den Kanten fo ausgenutet find, dafs die Unterfläche mit derjenigen der Träger bündig wird; hierauf werden entlang den Trägern je zwei Reihen Gipsdielen längs gelegt und darauf wieder eine Lage in der Querrichtung. Die Dicke wird fo bemeffen, dafs die oberfte Lage oben wieder bündig mit den Trägern liegt. Man kann nun oben den etwa notwendigen Fufsboden unmittelbar auf die Gipsdielen fchrauben, nachdem alle Fugen forgfältig mit Gips gedichtet find, und die rauhe Unterfläche kann unmittelbar geputzt werden.

Diefe Decke ift fehr dicht für Wärme und Schall, reichlich tragfähig für die Laften gewöhnlicher Wohnräume und vergleichsweife fehr leicht; fie nimmt wenig Höhe in Anfpruch und befitzt auch einige Widerftandsfähigkeit gegen Feuer, da die Gipsdielen felbft nach Zerfallen des Gipfes in der Hitze noch einigen Zufammenhalt bewahren. Sorgfalt bedingt hier die Unterputzung der Trägerflanfche, welche fich leicht durch Riffe auszeichnet; in Fig. 297 ift angenommen, dafs der Putz durch unter die Träger gefpannte Rohrgewebe gehalten wird.

Fig. 297.



Die Gefahren mangelhafter Füllftoffe entfallen; Gerüfte zum Einbringen find nicht erforderlich; Feuchtigkeit ift ausgefchloffen; die Dichtigkeit gegen gröfsere Waffermengen ift namentlich dann vollkommen, wenn die oberfte Lage mit Zement eingedichtet wird; eingefchloffene Holzteile find nicht vorhanden. Auch das unmittelbare Auftragen eines Eftriches ift möglich.

Der Preis der in Fig. 297 dargeftellten, für 6 m Weite berechneten Decke ift 17,8 Mark für 1 qm, wobei aber in das Gewicht fällt, dafs die geringe Dicke Erfparungen in den Wänden ergiebt.

Die Belaftungsproben ergaben bei einer Auflaft von 4250 kg für 1 qm keinerlei erkennbare Wirkung. Ein Gewicht von 55 kg, aus 2 m Höhe fallend, erzeugte oben einen 5 mm tiefen Eindruck und kleine Riffe an der Unterfeite der oberen Dielenlage; ähnliche Erfolge erzielte ein aus der Höhe von 8 m fallendes Gewicht von 25 kg. Die Deckenfläche ift hier alfo ganz befonders gut gegen Verletzungen von oben her gefchützt.

154. Spreutafeln von *Katz*.

Wenn auch Eifen in Form von untergefpannten Drähten bei ihr zur Verwendung kommt, fo ift doch die Decke mit *Katz*' Spreutafeln[236]) hier anzuführen, weil die Drähte keine Einlage bilden, fondern nur zum Zwecke des Verlegens der Tafeln untergefpannt werden. Die Konftruktion entfpricht ganz der in Art. 43 (S. 58) zu Fig. 95 u. 96 und in Art. 62 (S. 71) befprochenen mit Holzbalken. Die Ausbildung für Eifenbalken ift in Fig. 298 dargeftellt.

Um hier die Drähte, welche das Auflager der Spreutafeln bilden, anbringen zu können, find zunächft Holzbohlen *b* zwifchen die Träger eingefetzt, welche die

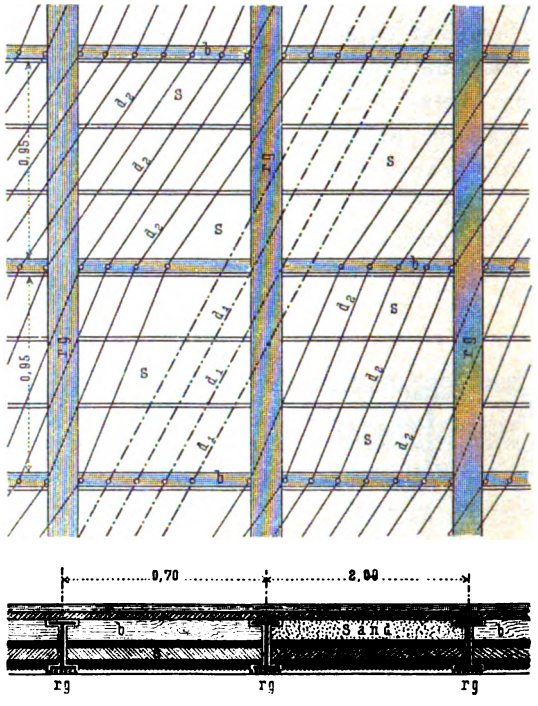
235) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 65.

236) Siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 172, S. 186) diefes »Handbuches«.

Digitized by Google

Nägel für die gerade oder im Zickzack in 10 cm Teilung gefpannten verzinkten Drähte d_1 und d_2 aufnehmen. Unter die Bohlen wie unter die Träger find dann durch Streifen Dachpappe von den Holz- und Eifenflächen gefonderte, fchmale Rohrgewebe *rg* gefpannt, die Spreutafeln *s* dann verlegt und mit Gips gedichtet, auf der rauhen Unterfeite unmittelbar unterputzt und mit Füllung bedeckt. Die Bohlenftücke *b* dienen erforderlichenfalls oben zugleich zur Befeftigung der Fufsbodenbretter, welche alfo parallel zu den Eifenbalken laufen. In Fig. 298 ift auf einem folchen Blindboden dann ein Stab- oder Parkettboden angedeutet.

Fig. 298.



Da hierfür volles Auflager des Fufsbodens auf der Füllung mit ihren Gefahren notwendig ift, eingefchloffene Holzteile nicht umgangen werden können, das Gewicht auch nicht unbeträchtlich gröfser ift, fo ift diefe Deckenkonftruktion, obwohl fie fonft ähnliche Vorzüge befitzt, doch nicht als fo vollkommen zu bezeichnen wie die vorige. Was die Sicherheit der Deckenfläche anlangt, fo waren einige Arbeiter nicht im ftande, dem Deckenputze durch Hüpfen auf den unabgedeckten Spreutafeln fichtbare Verletzungen beizubringen. Uebrigens lieferten Belaftungsverfuche ähnliche Ergebniffe, wie die in Art. 43 (S. 58) zu Fig. 95 u. 96 angegebenen.

155. Decken aus Steinplatten.

Vereinzelt kommen in Gegenden, wo in grofsen Platten brechende Gefteinsarten billig find, auch natürliche Steinplatten als Fachausfüllung zur Verwendung. Diefe Anordnung wird jedoch fchon dadurch fchwierig, dafs nur wenige Gefteinsarten die Herftellung folcher auf Biegung beanfpruchter Platten erlauben. Aber felbft geeignetem Steine mufs eine bedeutende Stärke gegeben werden, wenn man ähnliche Tragfähigkeit, wie diejenige von Wölbungen oder auch Mörtelplatten erzielen will. Die Decken werden daher teuer und fchwer und geben beim Vorhandenfein verborgener Riffe felbft im beften Gefteine keine grofse Sicherheit. Betrachtet man die Steinplatten nur als Fachausfüllung und überträgt die Laften durch Lagerbalken auf die Träger, fo werden die Koften noch ungünftiger.

Ein Beifpiel folcher Deckenbildung zeigt die fteinerne Kaffettendecke der Eingangshalle im *Lycée Janfon de Sailly* zu Paris[237]).

Hier find zwifchen die 26 cm hohen Träger zur Bildung von 107 cm weiten quadratifchen Kaffettenfeldern zunächft eiferne Querträger von 13 cm Höhe gelegt. Jedes Feld ift dann zunächft durch in die Trägerhöhlungen eingepafste Randfteine eingefafst, welche innen die Randprofilierung der Kaffette und oben einen Falz zur Aufnahme der 10 cm ftarken, fteinernen Deckplatte tragen; oben wird die Kaffette durch diefe Platte gefchloffen. Die unteren Gurtungen der Träger find in die profilierten Randfteine bündig eingelaffen.

[237]) Siehe: *Le génie civil* 1885, Bd. VII, S. 19.

Digitized by Google

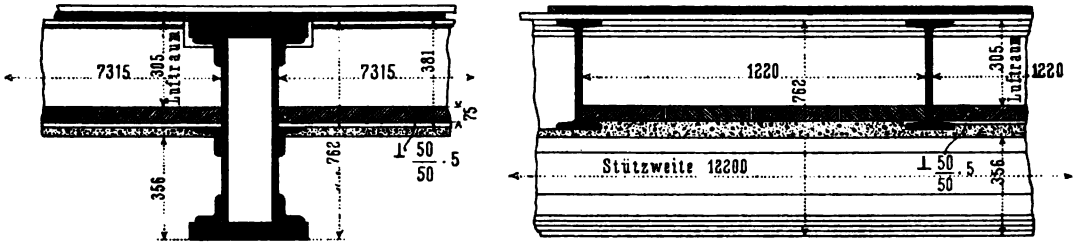
Man hat jedoch hier die Steinplatten nicht zur Aufnahme der Fufsbodenlaft benutzt, fondern Lagerbalken über die Träger geftreckt, welche alfo die Steinplatten völlig entlaften.

156. Decken aus gebrannten Thonplatten.

In einigen Fällen, z. B. über den feitlichen Hallen des *Trocadéro*-Palaftes zu Paris, hat man in die durch die eifernen Träger gebildeten Kaffettenfelder eigens zu diefem Zwecke angefertigte Terrakottaplatten gelegt.

Diefe letzterwähnte Fachausfüllung ift nach Fig. 299 auch im Gebäude der *Manhattan-Savings-Inftitution*[238]) in New-York verwendet, wobei man jedoch der

Fig. 299.



Tragfähigkeit diefer Thonplatten wenig zugemutet hat. Zwifchen die an genietete Unterzüge angefchloffenen Balken find auf deren Unterflanfche kleine ⊥-Träger gelegt, welche die ganz unbelafteten Platten aufnehmen. Der Deckenputz ift in folcher Stärke unter die Platten gebracht, dafs er die Balken und ⊥-Träger unterdeckt. Der Fufsboden liegt hohl und ift aus doppelter Dielenlage in rechtwinkeliger Ueberkreuzung gebildet.

Diefe Decke, bezüglich deren Feuerficherheit man grofse Erwartungen gehegt hat, hat fich in diefer Beziehung nicht bewährt, wie in Kap. 7 noch erörtert werden wird.

β) Mit Einlagen.

Nachdem fich die aus Mörtelarten mit verfchiedenen Beimengungen hergeftellten künftlichen Platten in der Geftalt z. B. von Korkplatten, Gipsdielen, Spreutafeln fchnell die Stellung von beliebten Bauteilen erworben haben, befonders weil fie ganz trocken in den Bau gelangen, ift man von verfchiedenen Seiten darauf ausgegangen, den wefentlichen Mangel diefer Fachausfüllungsmittel — ihre geringe Tragfähigkeit — abzuftellen. Dies ift gelungen einerfeits durch Verwendung feflerer Mörtelarten, andererfeits durch Einfügen von Eifeneinlagen. Dabei ift die durch Verwendung feflerer Mörtelarten bedingte Gewichtsvermehrung bald durch Vergröfserung der vorgefehenen Hohlräume, bald durch Befchränkung der fchwereren Stoffe auf das ftatifch unbedingt nötige Dickenmafs abgefchwächt; im letzteren Falle wird dann die wegen Undurchläffigkeit gegen Schall und Wärme erforderliche Gefamtdicke durch leichtere Stoffe, wie Bimsfand, hergeftellt.

Die Herftellung von Betonplatten an Ort und Stelle zwifchen den vorher verlegten eifernen oder hölzernen Tragkörpern ift umftändlich, erfordert befondere Vorkehrungen — meift eine volle Einrüftung der Decke mit Schalung — zum Tragen des noch nicht abgebundenen Betons und fchafft die Gefahr, dafs die unter nicht befonders bequemen Verhältniffen zu verrichtende Arbeit nicht das denkbar befte Ergebnis liefert; fchliefslich ermöglicht die Beförderung fertiger Teile in den

238) *Scientific American*, Suppl., 1897, S. 17536.

Digitized by Google

Bau gegenüber dem Einbringen und Verarbeiten von Rohſtoffen Erſparungen an Förderkoſten und namentlich an Bauzeit. Alle dieſe Punkte befördern die Verwendung ſolcher »Zementdielen« oder »Zementbretter«[239]), von denen wir hier die folgenden Ausführungsformen beſchreiben.

157. Stegzementdielen von *Stolte*.

Die Stegzementdielen von *Stolte*[240]) werden in verſchiedenen Breiten und Stärken ſo hergeſtellt, daſs ſie der Länge nach von einer gröſseren oder geringeren Zahl oben und unten halbkreisförmig geſchloſſener, groſser Oeffnungen durchſetzt werden, welche zwiſchen ſich die obere und untere Decke der Platte verbindende Stege ſtehen laſſen. Da wo der Steg an den unteren Plattenboden anſchlieſst, wird jedes zweite oder jedes dritte Mal ein hochkantig ſtehendes Bandeiſen eingegoſſen, welches der Unterfläche möglichſt nahe gerückt iſt. Jede Diele hat an einer Flanke eine flache Nut, an der anderen einen entſprechenden Spund, ſo daſs die Tafeln ineinander eingreifen und die Laſt aufeinander übertragen.

Fig. 300.

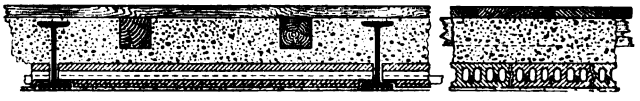
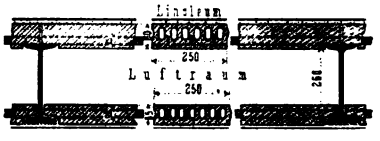


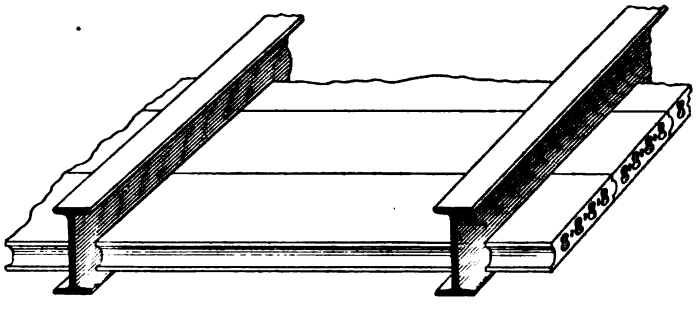
Fig. 301.

Fig. 302.



Die Dielen werden von 5 cm an in verſchiedenen Dicken hergeſtellt. Die ſtärkſten haben nur zwei Hohlräume, die ſchwächſten deren ſechs. Die Dielenbreite nimmt mit wachſender Dicke ab; die Zahl der Eiſeneinlagen wird wie der Geſamtquerſchnitt der verlangten Tragfähigkeit angepaſst. Als Bauſtoffe werden Zement und Quarzſand für groſse Tragfähigkeit, Bimsſand bei geringeren Laſten verwendet, wenn man zur Befeſtigung von Fuſsboden und Decke unmittelbar Nägel in die Dielen einſchlagen will.

Fig. 303.



Für Fachausfüllungen zwiſchen Holzbalken iſt die Verwendung in Art. 45 (S. 60) zu Fig. 97 bis 101 beſchrieben. Als Beiſpiele der Einlagerung zwiſchen Eiſenbalken werden die folgenden angeführt.

Fig. 300 ſtellt eine Decke mit 25 cm breiten Dielen dar, die bei 8 bis 10 cm Stärke 4,8 bis 5,1 Mark für 1 qm koſten. In Fig. 301 nehmen die Dielen die ganze Trägerhöhe ein; die Nagelung der Holzteile auf Bimsſandbeton wird gezeigt. Fig. 302

239) Von *J. Wygaſch* in Beuthen (ſiehe auch: Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 164) und *J. Simonis* in Köln a. Rh.

240) Geliefert von: Zementbau-Aktiengeſellſchaft zu Hannover; Deutſche Zementbau-Geſellſchaft in Berlin. — D. R.-P. 71351, 87014, 91654. — D. R.-G.-M. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 50. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006. — Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 455. — Deutſche Bauz. 1894, S. 62.

Digitized by Google

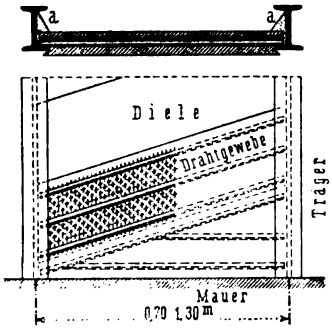
giebt die Konſtruktion einer doppelten Decke mit zwiſchenliegendem Hohlraume an. In allen Fällen werden die Dielen zum Zwecke der Erzielung ebenen Deckenputzes bei der Formung für die Lagerung auf die Trägerflanſche ausgeklinkt.

158. Zementdielen von *Roeſsler* und von *Ambroſius*.

Den vorbeſchriebenen ähnlich ſind die *Roeſsler*'ſchen[241]) Zementdielen (Fig. 303).

Die in Fig. 304 u. 305 dargeſtellten Zementdielen von *Ambroſius*[242]) haben eine vielteilige, aber zweckmäſsige Zuſammenſetzung, welche erhebliche Tragfähigkeit verſpricht. Jede 33 cm breite Platte hat eine obere Gurtung aus Zementmörtel (Fig. 305); vier kreisförmige Oeffnungen ergeben in der Mitte eine entſchiedene, an die obere Gurtung gut anſchlieſsende Stegbildung, welche in den gezogenen Teilen ſachgemäſs durch drei aufrecht ſtehende, ungleichſchenkelige Winkel verſtärkt wird. Dieſe Winkel dienen zugleich zur Aufnahme des die Zuggurtung der Platte nach beiden Richtungen verſtärkenden, quadratiſchen Drahtgewebes. Unten ſchlieſst die Platte mit einer bei der Herſtellung gleich eingegoſſenen Schicht groben Bimsſandes ab, welcher die nötige Rauhigkeit zum Haften des Deckenputzes liefert. Jede Platte hat einerſeits eine Nut, andererſeits eine gleiche Naſe, ſo daſs ſich die verlegten Platten gegenſeitig unterſtützen.

Fig. 304.



Die untere Bimsſandſchicht fehlt an den kurzen Rändern (Fig. 304), ſo daſs der Beton der unteren Gurtung unmittelbar auf den Trägerflanſchen liegt. Der Deckenputz kommt ſo tief genug zu liegen, um das Anbringen eines der üblichen Befeſtigungsmittel unter den Trägerflanſchen zu geſtatten, ſo daſs das Reiſsen unter den Trägern vermieden werden kann.

Fig. 305.

Nach Fig. 304 ſollen die Tafeln ſchiefwinkelig geformt und ſchräg zwiſchen die Balken gelegt werden. Dies ſcheint keine Verbeſſerung zu ſein; denn die Laſtübertragung wird dadurch eher verſchlechtert als verbeſſert; dreieckige Endtafeln werden erforderlich, und die Stützlänge der Winkel und damit der Platte wird vergröſsert. Der rechteckigen Geſtaltung und dem geraden Einlegen ſteht nichts im Wege.

Durch dreieckige Putzleiſten *a* (Fig. 304) werden die Tafeln zwiſchen den Trägern der Höhe nach unbeweglich feſtgelegt.

159. Asbeſtzementplatten von *Kröger*.

Die Platten von *J. N. Kröger* beſtehen aus Asbeſtzement von *Kühlewein* oder Kunſtſteinmaſſe von *Kröger* mit Eiſeneinlage. Die Art der Verwendung ergiebt ſich aus Fig. 306 u. 307. Die Platten werden mit Zementmörtel verſetzt, der ſie mittels der wechſelweiſe geneigten Dübelnuten *c* in den Stoſsfugen beſonders innig verbindet und zur Laſtübertragung von Tafel zu Tafel beiträgt. Die Platten haben 25 cm Breite und Stärken von 5 cm an. Ihr Gewicht beträgt bei 5 cm Stärke 50 bis 60 kg für 1 qm.

Beide Grundſtoffe erlauben das Einſchlagen von Nägeln und das Eindrehen von Schrauben, wie in Holz. Bei entſprechend tiefer Geſtaltung der Nuten *d* kann

241) Erzeugt von: *A. Röſsler & Co.*, Chemnitz.

242) Erzeugt von *Schmidt & Langen*, Minden in Weſtfalen. — D. R.-G.-M. 61437.

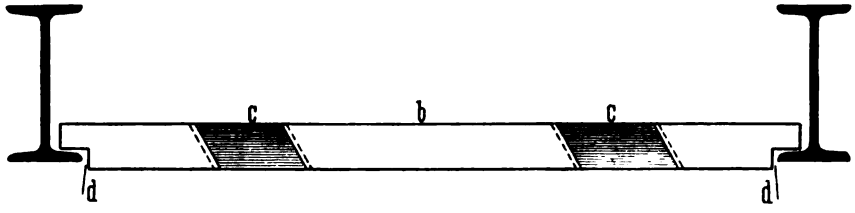
Digitized by Google

man die Unterfläche tief unter die Trägerflanſche bringen; da das Unternageln von Haftmitteln für den Putz ohne weiteres möglich iſt, ſo entſteht eine verhältnismäſsig ſichere Deckung der Trägerunterflächen.

160. Horizontaldecken von *Weyler*.

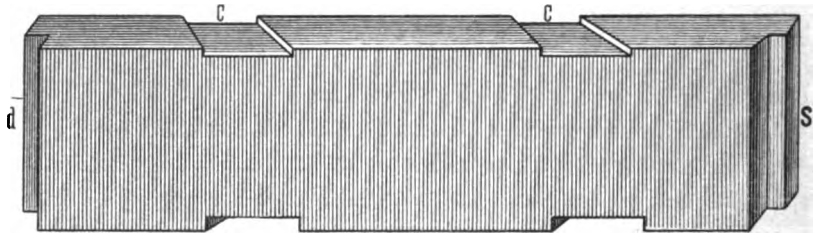
Bei der »Horizontaldecke« von *Weyler*[243]) haben die ſchmalen Platten verſchiedener Dicke aus Beton oder Kunſtſtein auf ſelbſtändige Trägerwirkung berechnete

Fig. 306.



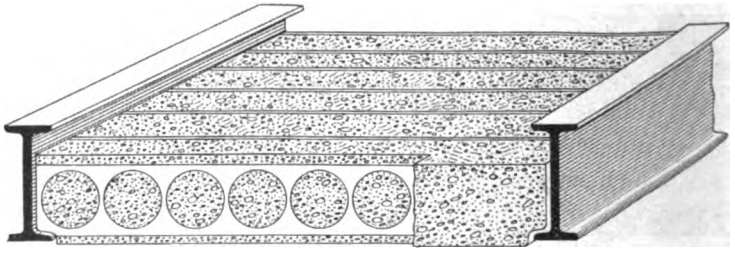
Einlagen aus geſtanztem Eiſenbleche (Fig. 308). Die groſsen, in hochkantig ſtehende Blecheinlagen geſtanzten Löcher ergeben ein ſehr ſicheres Einbinden der Einlage in

Fig. 307.



die Platte und laſſen oben und unten eiſerne Gurtungen, zwiſchen ſich dieſe verbindende Stege ſtehen. Das Anreihen der Platten erfolgt unter Einbringen von Zementmörtel in die Fugen. Bei 1 m Plattenlänge für entſprechend weite Balkenteilung ergab die Decke bis zum Bruche bei Verſuchen eine Tragfähigkeit von mehr als 3000 kg für 1 qm.

Fig. 308.



3) Dünnwandige Thon- oder Mörtelkaſten.

α) Ohne Einlagen.

161. Franzöſiſche Gipskaſten.

Hier ſind zuerſt die in Frankreich gebräuchlichen Gipskaſten aufzuführen, von denen in Fig. 309 ein Beiſpiel dargeſtellt iſt. Solche hohle Gipsblöcke trugen bei Verſuchen *Oudry*'s[244]), bei 16 cm Höhe, 100 cm Trägerentfernung, Füllung der Fugen mit Gips und 30 Vomhundert Hohlraum, durch 6 Wochen 3000 kg auf 1 qm, ohne Spuren des Nachgebens zu zeigen. Ein Gewicht von 200 kg, welches 3 m hoch mitten auf

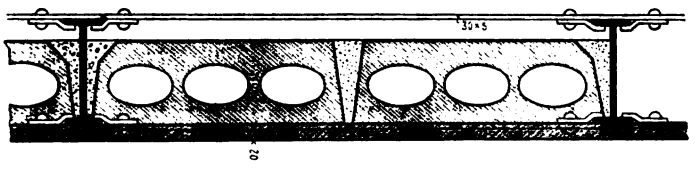
[243]) *C. Weyler* in Heilbronn. — D. R.-G.-M.

[244]) Siehe: *Annales industrielles*, Bd. 7 (1883), S. 5.

Digitized by Google

eine 70 cm weite und 16 cm ſtarke Ausfüllung fiel, ſowie ein ſolches von 370 kg, welches auf dieſelbe Ausfüllung, aber mit untergelegten Querſtäben nach Fig. 309 in 50 cm Teilung von 1 m Höhe ſchlug, brachten keine Formänderung hervor. *Ginain* erzielte auf 12 cm hohen Ausfüllungen mit 3140 kg Laſt auf 1 qm ebenſowenig Zerſtörungen; dabei zeigten die nur ſchwach verſteiften Träger keinerlei ſeitliche Ausweichung.

Fig. 309.



162. Gebrannte Thonkaſten.

Auch groſse, dünnwandige Kaſtenplatten aus gebranntem Thon (Terrakotten, Fig. 310) ſind verhältnismäſsig früh in Frankreich verwendet. Thonkaſten nach *Perrière* (Fig. 310), welche in der Fabrik *Derain & Dinz* bei Châlons-ſur-Saône in Längen von 55 bis 70 cm, bei 20 cm Fuſsbreite, angefertigt werden, haben bei Verſuchen im *Conſervatoire des arts et métiers* zu Paris eine Tragfähigkeit von über 2000 kg für 1 qm gezeigt.

Ganz ähnliche Formen ſind in neuerer Zeit auch von deutſchen Ziegeleien [245]), und zwar in beträchtlichen Abmeſſungen von $4 \times 20 \times 50$ cm bis $10 \times 25 \times 90$ cm nach Fig. 311 hergeſtellt, welche beſtimmt ſind, ein Balkenfach in einer Länge zu decken, deren Fugen daher mit wenig tragfähigem Mörtel gedichtet werden können. Die Kaſten lagern an den Enden frei auf den Balkenflanſchen. Da dieſe dann aber ganz ungeſchützt bleiben, ſo werden die Kaſten an den Enden ſchräg abgeſchnitten, um ſie dann mit Hilfe der in Fig. 312 dargeſtellten Randſtücke zwiſchen die Träger lagern zu können. Da die Lagerung der ſchräg abgeſchnittenen Kaſten gegen die ſchräge Fläche der Randſtücke einen Seitenſchub liefern würde, der zwar für die Tragfähigkeit des Kaſtens günſtig wirkt, wegen der meiſt geringen Seitenſteifigkeit der Träger und Wände aber oft recht unbequem iſt, hat das Kämpferſtück einen wagrechten Anſatz erhalten, auf den der Thonkaſten frei aufgelagert wird, nötigenfalls mit etwas weiter Fuge, um kleine Unterſchiede in der Fachweite auszugleichen; doch beruht die ganze Tragfähigkeit dann auf der Scherfeſtigkeit dieſes Anſatzes und kann daher kaum diejenige des einzelnen Kaſtens erreichen.

Fig. 310.

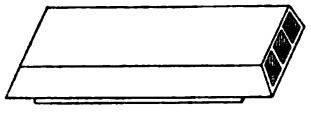


Fig. 311.

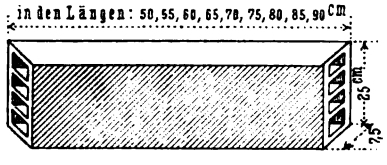
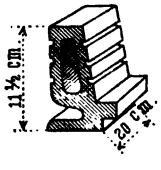


Fig. 312.



Dieſe Kaſten werden auch gekrümmt geliefert für den Fall, daſs man trotz der plattenartigen Wirkung eine gekrümmte Unterfläche zu haben wünſcht. Die Unterfläche wird geriefelt, um Gelegenheit zum Einbinden des Putzes zu bieten. Die gekrümmten Stücke ſind auch rechtwinkelig abgeſchnitten wie ein Gewölbe zwiſchen die Randſtücke zu ſetzen, wenn man den Schub vertragen kann; der Anſatz der Randſtücke iſt dann unbelaſtet. Das in Fig. 312 dargeſtellte Randſtück liefert nach unten einen balkenartigen Vorſprung; es kann jedoch auch für ganz glatte Decken geformt werden. Die Riefelungen des Randſtückes befördern das Einbinden des Mörtels.

245) Erzeugt von: *H. Breuning* in Stuttgart; *T. Sponagel*, Induſtriequartier, Zürich; Aktiengeſellſchaft Dampfziegelei in Waiblingen.

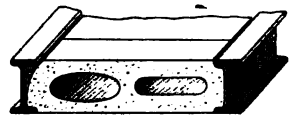
Digitized by Google

Ein weiteres Beiſpiel ſolcher von Balken zu Balken reichender Hohlkaſten wieder franzöſiſchen Urſprunges, wobei beſondere Randſtücke zur Trägerdeckung dienen, zeigt Fig. 313.

Auch die *Frohnecke*'ſchen Hohlſtücke[246]) (ſiehe Art. 39, S. 56) werden bei Eiſenbalken nach Fig. 314 in verſchiedenen Spannweiten mit einer Oeffnung oder mehreren und 5 bis 25 cm Länge ohne Fugen ſo verwendet, daſs die Unterkante mit den Balken bündig iſt.

Fig. 313.

Fig. 314.

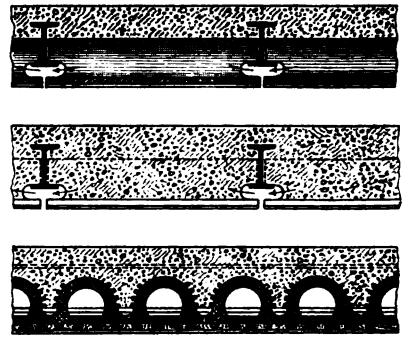


Pulda[247]) in Dresden formt mit zwei rechteckigen Löchern verſehene Hohlſtücke von 25 cm Länge und 14 cm Höhe aus Beton, giebt ihnen im Querſchnitte durch die Längslöcher nicht rechte, ſondern Winkel von 70 Grad. Entſprechende Kämpferſtreifen werden in die Träger geputzt, ſo daſs die ſchiefwinkeligen Steine einen ſcheitrechten Bogen bilden. Jedes Lager hat zwei kräftige Rillen, um die Schichten durch den Mörtel feſt zu verbinden. Schlieſslich wird der in der Mitte verbleibende, oben breitere Keilſtreifen mit Beton ausgeſtampft und ſo die Platte geſchloſſen, deren Hohlräume entlang den Trägern liegen.

Fig. 315.

In Nordamerika ſind dünnwandige Thonkaſten, dicht und infolge Zuſatzes von bis zu 30 Vomhundert Sägemehl beim Formen löcherig, in groſsem Maſsſtabe ſchon früh, z. B. 1872 im Poſtdienſtgebäude zu New-York, verwendet[248]). Eine der älteſten Formen iſt die von *W. L. Drake* (1873) in Chicago angegebene. Von da an haben dieſe Decken unter der Wirkung billiger, maſchinenmäſsiger Herſtellung der Kaſten in Nordamerika ſchnelle Verbreitung gefunden.

Fig. 316.



Eine groſse Zahl derartiger amerikaniſcher Muſter von Hohlkaſten teilt *v. Emperger* unter Angabe ihrer Leiſtungen mit[249]), darunter auch die oben erwähnte aus dem Poſtamte in New-York von *Johnſon & Kreiſcher* von 1872 (Fig. 315). Uebrigens wird auf die zahlreichen derartigen Ausführungen verwieſen, die ſchon unter a, 2 auf S. 97 bis 105 beſprochen ſind.

Eine beſondere Form von Thonkaſten amerikaniſchen Urſprunges ſind die *Fawcet lintels* (Fig. 316[250]). Sie ſind beſtimmt, nach oben mit Beton in innigen Verband zu treten, unten den Deckenputz in Schwalbenſchwanznuten aufzunehmen. Sie können bei geeignetem Anbringen der Flanſchnuten ſo tief auf die Trägerflanſche gehängt werden, daſs die groſsen Kanäle quer unter den Trägerflanſchen

246) D. R.-G.-M. 82331. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1571.

247) Siehe: Baugwks.-Zeitg. 1899, S. 543.

248) In: *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Bd. XXXIV (1895), S. 521.

249) Siehe: Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 1, 38.

250) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 235. — *Engineer* 1899 — I, S. 606. — *Engng.* 1901 — I, S. 173.

Digitized by Google

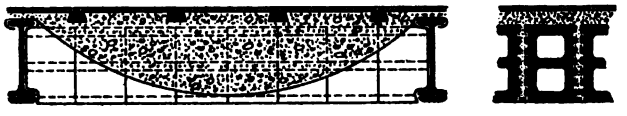
hin in Verbindung bleiben, und ſomit durch Anbringen von Luftzügen in den Wänden eine wirkſame Kühlung der Trägerunterflanſche bewirken, die dann zwar nur einen dünnen Thonkörper mit Putz, auſserdem aber noch einen erheblichen Luftraum unter ſich haben.

β) Mit Eiſeneinlagen.

163. Hohlkaſten mit Eiſeneinlagen.

Da die dünnwandigen Kaſtenformen an ſich ſchon aus der Abſicht hervorgegangen ſind, Fachausfüllungen groſser Tragfähigkeit zu erzielen, ſo ſind derartige Konſtruktionen mit verſtärkenden Eiſeneinlagen ſelten, um ſo mehr, als letztere ſich den groſsen Körpern auch weniger leicht einfügen laſſen, als dem Beton oder Platten aus vielen kleinen Stücken. Immerhin liegen auch ſolche Ausführungen vor, wie die in Fig. 317 dargeſtellte nordamerikaniſche Decke älterer Entſtehungszeit erkennen läſst [251]). Die quer geſetzten Hohlkaſten faſſen ziemlich ſtarke Zementmörtelfugen zwiſchen ſich, die, in tiefe Nuten der Kaſtenwände eindringend, dieſe feſt verbinden und zugleich eingedrückte, hakenförmig um die oberen Trägerflanſche gebogene Bandeiſen aufnehmen, welche die Zugſeite der Platte entlaſten. Der auch unter dem Bandeiſen befindliche Mörtel iſt in Fig. 317 nicht dargeſtellt. Jedes Bandeiſen wird vor dem Anreihen der nächſten Kaſtenreihe vor die vorhergehende gehängt; dann wird Mörtel angeworfen und nun die folgende Reihe angedrückt. Die ziemlich verwickelte Ausführungsart findet ſich neuerdings kaum noch, da die Erfahrungen mit Hohlkaſten auch ohne Einlagen durchaus befriedigende ſind.

Fig. 317.



4) Gewöhnliche oder beſonders geformte Voll-, Loch-, Leicht- oder Porenſteine.

α) Ohne Einlagen.

Dieſe Fachausfüllungen, welche ſich ohne weiteres auf Einſchalung oder Hängerüſtung aus den auch in den Wänden verwendeten Bauſtoffen zwiſchen verhältnismäſsig ſchwachen, weil von Seitenſchüben freien Trägern herſtellen laſſen, würden in ihrer einfachſten Geſtalt, dem Ausſetzen der Trägerfache mit Steinreihen in gutem Mörtel, eine ſchnelle und weite Verbreitung gefunden haben, wenn man ihnen nicht bei dem in Deutſchland verhältnismäſsig lange beibehaltenen Brauche des Mauerns in Kalkmörtel eine zu geringe Tragfähigkeit vorgeworfen hätte, die ſich bei Verſuchen mit langſam bindenden und loſen Mörtelarten in der That als ſchlecht erwies. Nachdem man ſich nun aber allmählich an den anderen Ländern längſt geläufigen Gedanken gewöhnt hat, daſs die Mehraufwendung für den Zuſatz oder die ausſchlieſsliche Verwendung von Zement wegen der erzielten weſentlich beſſeren Ergebniſſe eine wirtſchaftlich vernünftige Maſsregel ſei, hat ſich dieſes Verhältnis geändert, und Verſuche, die Fachausfüllungen bloſs aus Reihen gewöhnlicher leichter Vollſteine oder Lochſteine herzuſtellen, bei denen noch dazu bloſs die kurzen Kopffugen in den Reihen, nicht die langen Fugen zwiſchen den Reihen mit Mörtel gefüllt wurden, haben ſich bewährt.

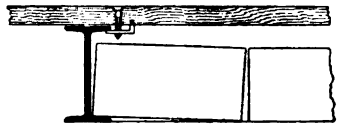
[251]) Siehe: Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 4.

Digitized by Google

164. Decken von *Kopp*.

In dieſer Weiſe ſind die *Kopp*'ſchen Decken gebildet, die Muſterſchutz[252]) erlangt haben (Fig. 318). Die Steinreihen, deren Länge durch Einſetzen einzelner Querſteine jedem Abſtande der Balken angepaſst werden kann, werden auf einer im Gegenſatze zu Fachausfüllungen mit Formſteinen nötigen Schalung ohne Mörtel mit 1 cm weiten Stoſsfugen dicht aneinander geſetzt und in dieſen Stoſsfugen, ſowie am Trägerſtege mit ſchnell bindendem Zementmörtel vergoſſen. Die Unterfläche wird unmittelbar geputzt, nachdem die Träger unten mit Zement berappt ſind. Die Steinunterfläche wird in die dazu nötige Tiefenlage gebracht, indem man die letzten Steine mit geneigter Lage auf die Trägerflanſche greifen läſst (Fig. 318). Nach Angabe *Kopp*'s ſoll der Deckenputz ſo unter den Trägern genügend haften, auch an den Trägerkanten nicht reiſsen; doch ſcheint dies ſehr zweifelhaft. Uebrigens ſind hier die üblichen Mittel zum Halten des Putzes unter den Trägern ebenſo leicht anzubringen, wie in anderen Fällen.

Fig. 318.



Das Gewicht der Fachausfüllung mit rheiniſchen Schwemmſteinen beträgt bei gewöhnlicher Steingröſse rund 100 kg, bei vollen Backſteinen 250 kg für 1 qm.

Bei Trägerabſtänden unter 0,80 m ſind ſolche Fachausfüllungen auch ſchon mit flach liegenden Steinen ausgeführt.

Bei Verſuchen, die mit ſolchen Fachausfüllungen aus gewöhnlichen Vollſteinen 14 Tage nach der Mauerung angeſtellt wurden, ergaben ſich bei 97 cm Trägerabſtand die erſten Riſſe bei 2000 bis 2500 kg auf 1 qm Belaſtung; eine Laſt von 12500 kg für 1 qm wurde noch ohne Einſturz ertragen. Bei 80 cm Trägerabſtand zeigten ſich die erſten Riſſe bei 3000 bis 40000 kg für 1 qm Belaſtung. Der Bruch erfolgte bei rund 25000 kg für 1 qm Belaſtung.

Hiernach iſt als feſtgeſtellt anzuſehen, daſs es zum Ausſetzen der Trägerfache mit Steinreihen ſelbſt unter hohen Laſten gar keiner beſonderen Hilfsmittel bedarf, daſs das ſorgfältige Vergieſsen oder Vermauern der Steine mit Zementmörtel vollſtändig genügt. Durch Füllung auch der Reihenfugen mit Zementmörtel wird gegenüber der *Kopp*'ſchen Ausführungsart noch eine Erhöhung der Tragfähigkeit zu erzielen ſein. Bei den beträchtlichen, ſo zu erzielenden Erſparungen und der befriedigenden Dichtigkeit ſolcher Decken empfiehlt es ſich, ihre Leiſtungsfähigkeit durch ausgedehntere Anwendung baldigſt weiter zu erproben.

1,50 m weite, ſcheitrechte Fachausfüllungen aus löcherigen Lochſteinen und ohne jede Eiſeneinlage ſind in einem fünfgeſchoſſigen Gebäude mit Eiſenbalken zu Poſen ausgeführt[253]) wobei die Lochſteine auch keine Keilform hatten; eine baupolizeilich angeſtellte Balaſtungsprobe hat keine Anſtände ergeben. Auch dieſe Ausführung beweiſt alſo, daſs man ſehr wohl in der Lage iſt, weite Fachausfüllungen mit gutem Erfolge herzuſtellen, deren Tragwirkung neben der Druckfeſtigkeit von Stein und Mörtel in erſter Linie auf der Haftkraft zwiſchen Mörtel und Steinen gegen Zugwirkung beruht, ohne daſs dabei Eiſeneinlagen mitwirkten.

Eine ähnliche Anordnung beträchtlicher Tragfähigkeit aus längs den Balken geſetzten gewöhnlichen Lochſteinen, bei denen die unmittelbare Lagerung der Steine auf die Träger ganz aufgegeben iſt, um die Steine unten bündig mit den Trägern ſetzen zu können, bei der alſo auch die Lagerung auf den Trägern nur auf dem Anbinden des Mörtels an die Steine beruht, zeigt Fig. 319. Die hier oben und

252) D. R.-G.-M. 31574. — Erzeugt von: *E. Puſs* in Duisburg. — Siehe auch: Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896. S. 456.

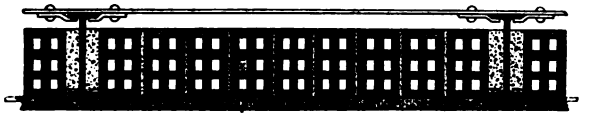
253) Siehe: Deutſche Bauz. 1895, S. 648.

Digitized by Google

unten dargeſtellten Bandeiſen mit Haftklammern ſind nicht als Einlagen gedacht, ſondern haben den Zweck, einen von der Platte etwa gegen die Träger ausgeübten Schub innerhalb des Feldes auszugleichen, ein Punkt, der in Art. 85 (S. 96) bereits beſprochen und im nachſtehenden noch näher erörtert werden ſoll.

Trotzdem nun dieſe Ausſetzung der Balkenfache mit gewöhnlichen Steinformen in gutem Mörtel ſehr einfache und billige Decken liefert, hat man doch eine ſehr groſse Zahl von verwickelteren Formen erdacht, zunächſt in dem noch nicht überwundenen Gefühle der Aengſtlichkeit gegenüber dem planmäſsigen Ausnutzen des Anhaftens des Mörtels am Steine gegen Zugſpannung, dann vielfach in dem Beſtreben, Decken auszubilden, deren Fache ohne Einrüſtung auszuſetzen ſind, und ſchlieſslich auch wohl in dem nur aus Geſchäftsrückſichten entſtehenden Streben nach dem Beſitze eines Patentes. Es iſt nicht möglich, die Zahl der verſchiedenen Formen hier zu erſchöpfen; doch ſoll eine gröſsere Anzahl vorgeführt werden.

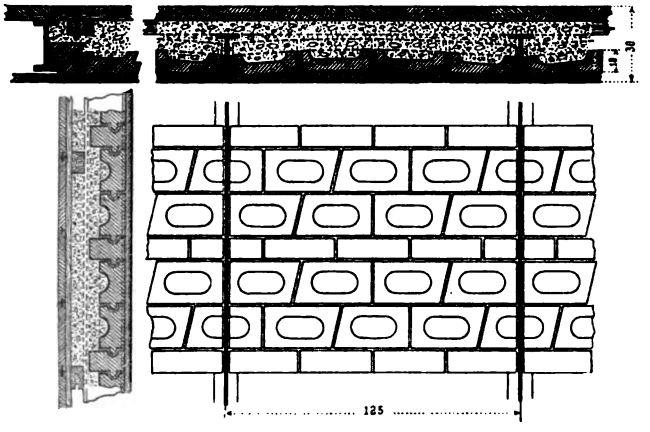
Fig. 319.



Hierher gehört zunächſt die Ausſetzung der Trägerfache mit Doppelkeilziegeln nach *Schneider*, die in Fig. 320[254]) in zwei verſchiedenen Anordnungen dargeſtellt iſt. Möglichſte Leichtigkeit iſt angeſtrebt dadurch, daſs man die plattenartigen, nur etwa 10 cm dicken Ziegel von oben her topfartig aushöhlt. Die Stücke greifen mit ſchräg geſchnittenem Falze oder mit Halbkreisnut und Feder allſeitig ineinander, wobei für das Aufſetzen auf die Trägerflanſche entweder beſondere Formſtücke verwendet oder gewöhnliche Stücke ausgeklinkt werden.

165. Doppelkeilziegel von *Schneider*.

Fig. 320.



Der etwa angeordnete Pfeil wird ſo flach gewählt, daſs die Konſtruktion einem ſcheitrechten Bogen nahe kommt und ſomit unmittelbares Putzen der Decke auf der rauhen Steinunterfläche geſtattet. Um aber die Tragfähigkeit zu erhöhen, werden in gewiſſen Abſtänden, in Fig. 320 nach je zwei Topfreihen, ſtärkere Rippen aus hochkantig ſtehenden vollen Stücken eingeſetzt, welche mit den flachen Teilen auch durch Falzung oder Nut und Feder in Verbindung ſtehen.

Das Gewicht der Ziegel beträgt für 1 qm etwa 200 kg; die Koſten ſind 6,25 Mark.

Die in Wien vorgeſchriebene Belaſtungsprobe der Wohnräume mit 400 kg für 1 qm hält die Decke ohne erkennbare Formänderung aus. Abgeſehen von der wagrechten Verbindung der Schichten untereinander iſt dieſe Fachausfüllung einem ſchwachen ſcheitrechten Bogen aus Vollſteinen wohl nicht überlegen.

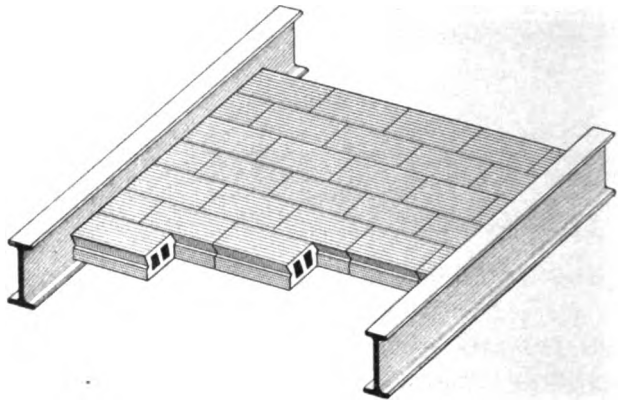
Das neuerdings meiſt verwendete Mittel der Verbindung der Steinreihen miteinander iſt, wie bei den *Schneider*'ſchen Platten, das Ineinanderfalzen der Längs-

254) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXV (1890), S. 129. — Deutſche Bauz. 1889, S. 542.

Digitized by Google

ſeiten bei Verwendung von Hohlſteinen, ſo daſs die Reihen gegenſeitig ineinander greifen oder durch eine den Spund bildende Mörtelleiſte verbunden ſind. Viele der Vertreter dieſes Gedankens wollen die Verfalzung zur Ausführung ohne Rüſtung benutzen, indem ſie immer die Stücke der folgenden Reihe mit dem Falz in die Nut der vorher geſchloſſenen hängen; doch ſcheint es bedenklich, den friſchen Mörtel ſo zu beanſpruchen.

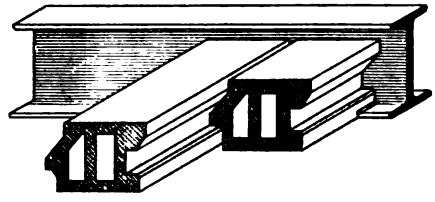
Fig. 321.



166. Maſſivdecken von *Förſter*.

Bei der *Förſter*'ſchen »Maſſivdecke«[255]) erhält jeder Stein auf einer Langſeite eine dreieckige Rille, auf der anderen eine ebenſolche Naſe (Fig. 321). Die nebeneinander gereihten Schichten unterſtützen ſich alſo gegenſeitig, ſo daſs jede ihre Laſt auf die beiden Nachbarreihen und durch dieſe weiter überträgt. Dieſe Uebertragung iſt jedoch für jede Schicht nach der Seite, an welcher die Naſe unten wagrecht aufliegt, wirkſamer als nach der anderen, an der nur eine Lagerung mittels der oberen ſteilen Keilfläche eintritt.

Fig. 322.



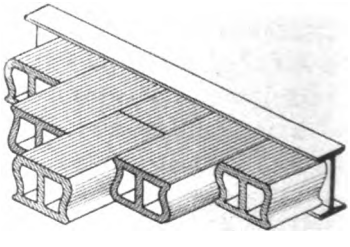
167. Mecklenburgiſche Kunſtziegel.

Bis auf die Gröſse der Steine und die Einzelausbildung ſtimmen damit die hohlen Kunſtziegel der groſsherzoglich mecklenburgiſchen Kunſtziegelei in Schwerin überein (Fig. 322[256]).

168. Omegaſteine von *Heyer*.

Auf ganz gleichen Geſichtspunkten beruht auch die Fachausſetzung mit Omegaformſteinen nach *L. Heyer* (Fig. 323[257]); ein Unterſchied beſteht nur inſofern, als die Steinflanken nicht mit dreieckigen Naſen, ſondern mit einer oben und unten entgegengeſetzt gekrümmten, ſonſt gleichen Falzung verſehen ſind. Legt man bei zwei benachbarten Steinreihen wechſelweiſe dieſelbe Seite nach oben und unten, ſo paſſen die aus zwei gleichen Hälften beſtehenden Steine dicht ſchlieſsend ſo ineinander, daſs keine Reihe nach unten herausfallen kann und daſs die Laſtübertragung von jeder Reihe nach beiden Seiten gleichmäſsig erfolgt. Die Zuſammenſetzung übertrifft alſo diejenige der *Förſter*'ſchen Decke noch an Einfachheit. 28 der 10 cm hohen Steine decken 1 qm und wiegen 82 kg.

Fig. 323.



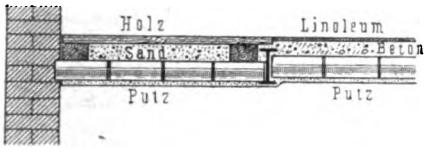
[255]) Preisgekrönt in Berlin 1896. — Bezug von *H. Förſter* in Langenweddingen. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 578. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006. — *Engineering news* 1898, Febr., S. 114. — Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 181.

[256]) D. R.-G.-M. 91523.

[257]) Erzeugt von: *L. Heyer*, Ziegelei in Boksberg bei Sarſtedt, Hannover. — D. R.-G.-M. 98902.

Digitized by Google

Fig. 324.



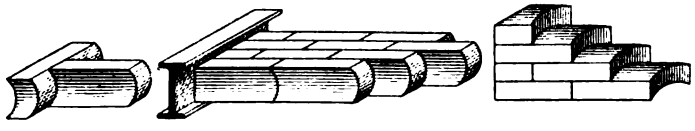
Oben und unten ſind die Steine mit eingeriſſenen Furchen verſehen, um ſicheres Haften des Putzmörtels zu gewährleiſten.

In Fig. 324 ſind zwei Konſtruktionen einer Zwiſchendecke mit Eiſenbalken aus Omegaſteinen angegeben. Bei 1 m Balkenteilung ſind Belaſtungsverſuche bis über 2000 kg für 1 qm getrieben, ohne daſs merkliche Zerſtörungen eingetreten wären.

169. Wölbſteine von *Eggert*.

Auch die Fachausfüllung aus *Eggert*'s Wölbſteinen (Fig. 325[258]) erzielt denſelben Erfolg. Hier greifen ebenfalls ganz gleich geſtaltete Cylinderringſtücke dicht ſchlieſsend ineinander; ein Unterſchied beſteht nur darin, daſs Vollſteine verwendet ſind; doch würden ſich auch gleiche Hohlſteine ohne Schwierigkeit herſtellen laſſen.

Fig. 325.



170. Hohlſteine von *Blunck* u. a.

Bei dem von *G. H. Blunck*[259]) in Wiemersdorf eingeführten Hohlſteine mit zwei groſsen Oeffnungen greifen die Reihen mit ſtarker trapezförmiger Nut und Feder tief ineinander. Die Unterſeite der Steine hat über den Halbkreis hinaus vertiefte Rillen, welche das Anbinden des Mörtels ſichern. Die Steine ſind den in Fig. 322 dargeſtellten Stücken ſehr ähnlich.

Fig. 326.

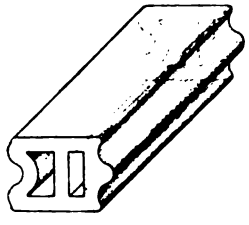
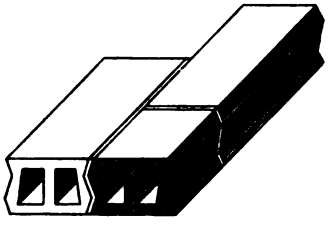
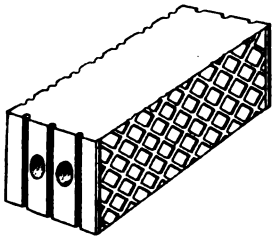


Fig. 327.



Der Stein von *Kaempffer* (Fig. 326[260]) iſt ſo gefalzt, daſs wieder dieſelbe Seite in den verſchiedenen Schichten Ober- und Unterſeite ſein muſs. Fig. 327 zeigt den Stein von *Dreſſel*[261]) in Gera, der, ſtets in gleicher Lage verwendet, eine vergleichsweiſe kräftige Falzung giebt. Ebenſo gehören die Falzhohlſteine von *Ligocki*[262]) in Bromberg hierher, welche Abmeſſungen von 25 × 12,5 cm bei 9 und 12 cm Dicke aufweiſen.

Fig. 328.



171. Univerſalfalſteine.

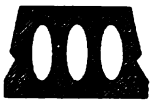
Beiſpiele von Steinen, bei denen die Verbindung der Reihen auf einer Spundung durch den Mörtel beruht, zeigt zunächſt der »Univerſalſtein mit Mittelſteg« (Fig. 328[263]), der im Lager und Kopfe genutet eine innige Verbindung mit dem Mörtel liefert; dann der Formſtein von *H. Froelich* in Berlin (Fig. 329[264]), deſſen Flanken dreieckige Nuten enthalten und oben ſo abgeſchrägt ſind, daſs man die weiten Fugen bequem

258) Erzeugt von: *H. Eggert*, Bleckendorf bei Magdeburg.
259) Siehe: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1522. — Ueber viele ähnliche Hohlſteine ſiehe: Schweiz. Bauz., Bd. 37 (1901), S. 113.
260) D. R.-G.-M. 105019. — Erzeugt von: *R. Webel* in Görlitz.
261) D. R.-G.-M. 105052.
262) Siehe: Baugwks.-Zeitg. 1899, S. 562.
263) Erzeugt von: *Kumpf & Rethwiſch* in Stuttgart. — D. R.-G.-M.
264) D. R.-G.-M. 118544. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 524.

Digitized by Google

von oben mit Mörtel füllen kann, und dafs viel Zementmörtel in den Druckteil der Platte kommt.

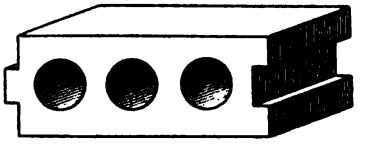
Fig. 329.



172. Hohlfteine von *v. d. Borne.*

Befonders ausgebildet ift die Verfalzung bei den Hohlfteinen von Dr. *G. v. d. Borne*[265]) in Berneuchen (Fig. 330), indem hier nicht blofs die Reihen untereinander mit rechteckiger, ftarker Nut und Feder verbunden werden, fondern auch die äufserften Stücke jeder Reihe unten eine Quernut zum Auffchieben an den unteren Trägerflanfch haben. Diefe Flanfchftücke erhalten dadurch zwar eine verwickelte Geftalt; indes wird einige Deckung der Träger gegen Feuer von unten erzielt.

Fig. 330.



173. Hohlfteine von *Thiemicke.*

Mit den vorgenannten ftimmen auch die Deckenfteine von *Thiemicke* in Halberftadt in allen wefentlichen Punkten überein (Fig. 331 u. 332). Die 10 cm dicken, 25 cm langen Steine werden porig gebrannt. Sie geftatten unter ziemlich beträchtlicher Laft die Eindeckung von 1,25 m breiten Balkenfachen ohne Schalung und Rüftung, da die erfte Reihe nach Fig. 332 in die Wand greift, und die folgende, wie bei den früheren Decken, während des Verlegens durch die in die Nut der erften Reihe greifende Feder getragen wird. Als Mörtel foll verlängerter Zementmörtel gebraucht werden.

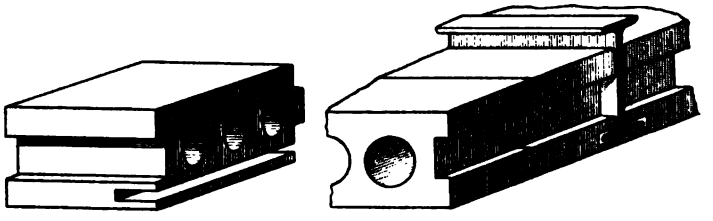


Fig. 331.

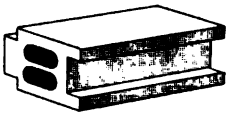
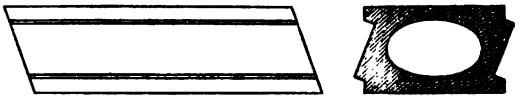


Fig. 332.

174. Decken von *Otte.*

Eine befonders durchgebildete Decke diefer Art ift diejenige von *Otte*[266]). Hier ift jeder Stein an der Längsfeite auf irgend eine Weife, z. B. nach Fig. 333, fo gefalzt, dafs er mit einem beliebigen Lager nach oben gelegt immer richtig in den Nachbar greift. Um nun einen gewiffen Längsdruck in der entftehenden Platte zu erzielen, find die Steine nicht rechtwinkelig, fondern fchräg abgefchnitten, und diefer Schräge entfprechend werden Lagerkörper in die Träger geputzt. Setzt man nun je zwei aufeinander folgende Reihen mit entgegengefetzter Neigung der Endfchrägen und thunlichft in Verband zwifchen die Träger (Fig. 334), fo ftemmt fich zwar nicht jede Reihe keilig zwifchen die Putzleiften; aber je ein Reihenpaar hat jederfeits die halbe Anlagefläche, was bei der ficheren Verbindung der Reihen untereinander zu beiderfeits keiliger Lagerung führt, ohne

Fig. 333.

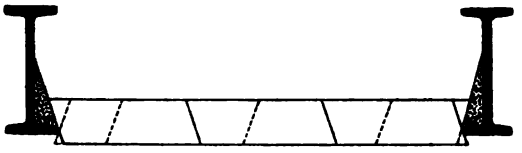


[265]) D. R.-G.-M. 82877. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1571.

[266]) D. R.-P. angemeldet.

Digitized by Google

Fig. 334.



dafs befondere Formftücke nötig würden; es kommt nur ein auf der Strangpreffe herzuftellender Stein zur Verwendung; das an einem Ende jeder Reihe verbleibende Dreieck wird mit Mörtel gefchloffen.

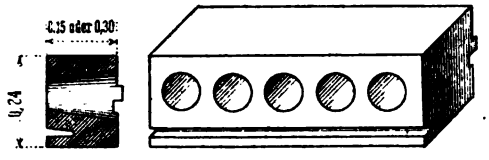
Fängt man mit dem Verfetzen jeder Reihe an der Seite an, an der die Schräge fatt auf der Putzleifte ruht, fo ruht jedes Stück nicht blofs mit dem Falz in der vorhergehenden Reihe, fondern auch mit einer Endfchräge auf dem Vorgänger derfelben Reihe, wodurch das Gefüge der Platte noch ficherer und das Verfetzen ohne Rüftung erleichtert wird.

Dafs man diefe Fachausfüllung leicht unter die Trägerflanfche vorragen laffen kann, zeigt Fig. 334.

175. Keilfteindecken von *Kapferer*.

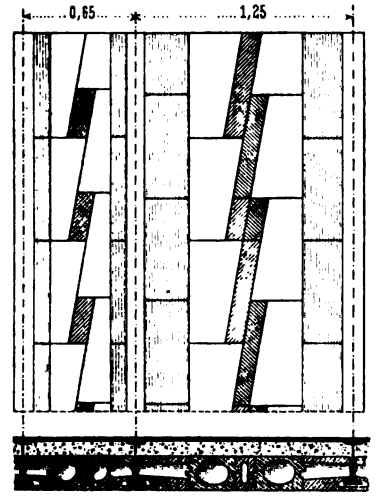
Die Keilfteindecke von *Kapferer*[267]) in Biebrich für Eifenbalken unterfcheidet fich von der in Art. 39 (S. 55) befprochenen ähnlichen Decke für Holzbalken dadurch, dafs hier zum Anfetzen an die Träger erft befondere rechteckige Hohlftücke von 15 cm oder 30 cm Breite benutzt werden, in denen die Hohlräume quer laufen, in deren unterem Boden ein dem halben Balkenflanfch entfprechender Schlitz vorgefehen ift, und welche am anderen Kopfe den Falzvorfprung und die Falznut tragen (Fig. 335), in welche die früher in Fig. 83 bis 87 (S. 54 u. 55) dargeftellten Keil- und Dübelftücke eingefchoben werden.

Fig. 335.



Auch hier können die verfchiedenften Fachweiten mit wenigen Arten verfchiedener Hohlftücke völlig dicht gefchloffen werden; auch ftöfst die Ausfüllung fchief geformter Balkenfache nicht auf wefentliche Schwierigkeiten. Fig. 336 zeigt zwei Beifpiele gerader Balkenfache.

Fig. 336.



Die Reihen an den Eifenbalken werden in Zementmörtel verfetzt, da diefer zugleich den beften Schutz für die Balken liefert; die übrigen Stücke können dann trocken, wie bei den Holzbalken, oder auch unter Verwendung von Mörtel eingefetzt werden.

Die Balkenunterflächen bedürfen keiner befonderen Vorbereitung für das Putzen und find gegen Feuer gut gefchützt. Der Deckenputz kann unmittelbar unter die Hohlftücke oder in unter diefe genagelte Putzmatten eingebracht werden.

Die Abbildungen laffen ohne weiteres erkennen, dafs diefe Fachausfüllung bei einigem Gefchicke der Arbeiter und nicht zu grofser Breite der Balkenfache ohne ftützende Einrüftung eingebracht werden kann. Das Gewicht diefer Fachausfüllungen für Eifenbalken beträgt etwa 125 kg für 1 qm, der Preis 3,5 Mark für 1 qm.

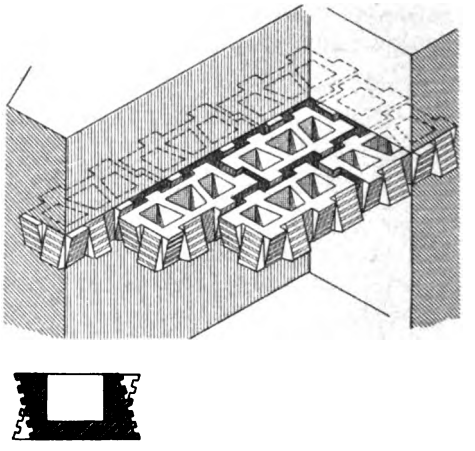
267) Siehe: HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1897, S. 187; 1898, S. 46. – D. R.-P. 91360.

Digitized by Google

176. Balkenlose Hohlsteindecken.

Eine Decke aus Hohlformen ganz ohne Eisen- oder Holzbalken, welche ein scheitrechtes Gewölbe über den ganzen Raum bildet, will das *Hanson's fire-proof syndicate, limited*, in London[268]) in der Weise herstellen, wie es in Fig. 337 dargestellt ist. Die an jeder Seite mit geriefelten Keilflächen entgegengesetzter Neigung, im Grundrisse trapezförmigen, topfartigen Vertiefungen, unten aber mit vollem Boden versehenen Stücke greifen so ineinander, dass, wenn sie auf Schalung versetzt und mit Zement vergossen sind, keines für sich nach oben oder unten bewegt werden kann. Um gutes Vergiessen zu sichern, nehmen die Keilflächenansätze nicht die ganze Seite ein, sondern lassen zwischen sich lotrechte Einguslöffnungen für den Mörtel frei. Diese Konstruktion ist sinnreich; ob aber grosse Weiten für erhebliche Lasten so einzudecken sind, erscheint zweifelhaft; man wird auf eine plattenartige Wirkung rechnen müssen. Das Wandauflager wird durch Einmauern der letzten Reihen gebildet.

Fig. 337.



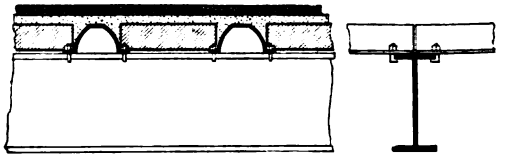
Ob schon erhebliche Ausführungen dieser Art vorliegen, ist nicht bekannt; jedenfalls dürfte der Gedanke durch Versuche zu prüfen sein. Ein sehr erhebliches Hindernis für die Verbreitung dieser eigenartigen Konstruktion, auch wenn sie sich statisch bewähren sollte, wird immer der hohe Preis der auf der Strangpresse nicht herstellbaren Stücke bleiben. Das allseitige und vollständige Ineinandergreifen aller Stücke ist mit einem gewöhnlichen, billigen Strangsteine auch in der *Otte*'schen Anordnung nach Fig. 333 erreicht.

β) Mit Einlagen.

177. Eintheilung.

Die Decken dieser Art sind zum Teile aus der Absicht hervorgegangen, die Fachausfüllung ohne Einrüstung herzustellen, indem man quer zu den Balken kleine Eisen streckt, die als Träger der Steine beim Verlegen dienen, also jede Steinreihe für sich unterstützen, zum Teile aus dem Bestreben, die Zugseite der entstehenden Platte durch Eiseneinlagen zu verstärken. Bei vielen sind beide Zwecke in der Weise vereinigt, dass die während des Verlegens als Träger wirkenden Eisen in der fertigen Decke ganz in Mörtel gehüllte Einlagen bilden.

Fig. 338.



Zunächst mögen Beispiele der ersteren Gruppe aufgeführt werden.

178. Belageisendecken.

Eine im Brückenbau häufiger als im Hochbau verwendete Deckenanordnung ist die in Fig. 338 dargestellte aus Belageisen[269]) und Backstein-Flach- oder -Rollschichten[270]). Die auf die Träger gelegten Belageisen werden, um jede Lochung

[268]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 312. — D. R.-P. 97369.

[269]) Siehe: Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (Abt. I, Abschn. A, Kap. 6) dieses »Handbuches«.

[270]) Eine derartige Decke mit Holzüberdeckung in Asphalt siehe in: Deutsche Bauz. 1883, S. 397.

Digitized by Google

der erſteren zu vermeiden, mittels kleiner Hakenſchrauben in ſolchen Entfernungen voneinander befeſtigt, daſs die Zwiſchenräume mit Backſteinen überdeckt werden können. Um die Ungleichförmigkeiten in der Laſtverteilung auf die Träger infolge Durchlaufens der Belageiſen zu vermeiden, mache man die Länge der letzteren gleich der Trägerteilung. Für gewöhnliche Verhältniſſe genügt die Ueberdeckung durch die Länge flach gelegter Ziegel oder beſſer Hohlſteine; für ſchwerere Laſten muſs man die Ziegel hochkantig ſtellen, und nur unter auſsergewöhnlichen Verhältniſſen ſind die Belageiſen auf Steinbreite zuſammenzurücken, wobei dann die Deckung wieder mittels Flachſchicht oder Rollſchicht aus Zweiquartieren erfolgen kann. Dieſe Decke erhält zunächſt noch eine Ueberfüllung aus Sand oder, zur Verhinderung des Durchrieſelns, beſſer aus ganz magerem Mörtel oder Schlackenbeton, welche dann jede Art von Fuſsboden aufnehmen kann.

Die Ueberdeckung der Zwiſchenräume erfolgt jetzt ſtatt mit Backſteinen zweckmäſsiger mittels Beton.

Eine ebene, geputzte Decke iſt bei dieſer Konſtruktion wegen der Höhlungen der Belageiſen nur mittels der ſpäter (in Kap. 6) zu erörternden beſonderen Hilfsmittel herzuſtellen. Dagegen kann man die Träger bei nicht zu bedeutender Höhe in der Ueberdeckung verſchwinden laſſen, wenn man die Belageiſen auf den unteren Trägerflanſch legt.

Fig. 339.

Für beſſer ausgeſtattete Räume iſt dieſe Anordnung wegen der ſchwierigen, an ſich unſchönen Deckenausbildung nicht zu empfehlen.

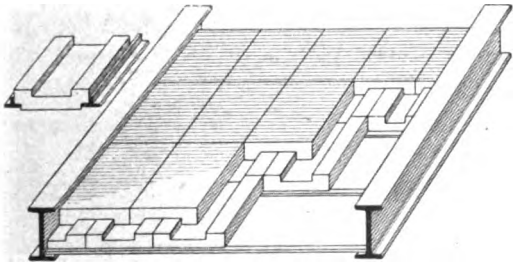
179. Decken von *Czarnikow*.

Die *Czarnikow*'ſche Decke, nach Angabe von *Moſsner*[271]) ausgebildet, zeigt gewöhnliche Lochſteine mit löcherigen Wandungen in Geſamtdicken von 8, 10 und

Fig. 340.

12 cm (Fig. 339). Die Flanken der Steine ſind gefalzt und abgeſchrägt, ſo daſs eine bequeme Lagerung auf den Unterflanſchen von I-Balken in einer Höhenlage möglich wird, welche die Durchführung des Putzes unter den Balken ermöglicht.

Fig. 341.



180. Herkulesdecken.

Die »Herkulesdecke« (Fig. 340 u. 341[272]) wird aus Rinnenſteinen auf kleinen ⊥-Trägern zwiſchen den Balken hergeſtellt, auf die eine zweite Lage gleicher Rinnenſteine umgekehrt aufgeſtülpt wird. Die Fachweite ſoll unter gewöhnlichen Verhältniſſen bis 3,00 m gehen. Zu 1 qm der Decke gehören 24 Steine. Da die ⊥-Eiſen nur mit dem

271) Siehe: Deutſche Bauz. 1896, S. 135.

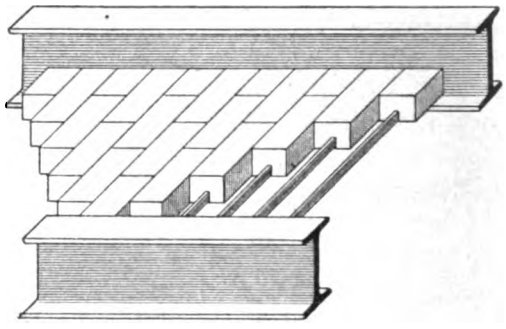
272) Erzeugt von: *Häusler & Geppert*, Breslau. — *Gebr. Borchmann*, Berlin. — Scagliolfabrik *Schückher & Co.*, Wien.

Digitized by Google

Stege in den Fugenmörtel greifen, fo wird auf ihre Wirkung als Zugglieder nicht in erheblichem Mafse zu rechnen fein.

Die der Decke eigentümlichen Rinnenfteine werden ein der Koftenerhöhung entfprechendes Ergebnis nicht liefern; denn verlegt man fie trocken, fo beruht die Tragfähigkeit der Decke lediglich auf derjenigen der Steine von ⊥-Eifen zu ⊥-Eifen; verlegt man fie in gutem Mörtel, fo beruht die Tragfähigkeit der Platte auf Anbinden desfelben an die Steine. Man wird alfo in beiden Fällen durch Verwendung von in Verband verlegten Flachfchichten, etwa aus befonders dünnen Steinen, nahezu dasfelbe erreichen. In geringem Mafse kommt das hakenartige Ineinandergreifen der Schichten der Tragkraft allerdings zu gute.

Fig. 342.



181. Univerfumdecke von *Beny*.

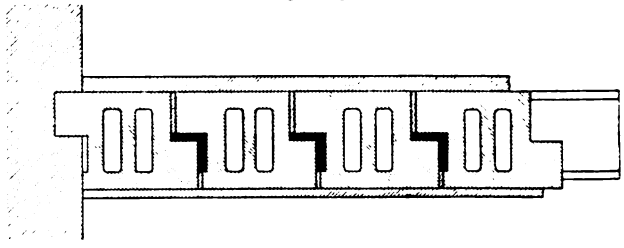
Die meiften Decken diefer Art legen die kleinen Eifenträger in die Fugen; die *Beny*'fche Decke, »Univerfum« (Fig. 342[273]), dagegen fpart mitten in der Unterfläche der Steine eine Rille aus, mittels deren die Steine auf zwifchen die Balken geftreckten Bandeifen reiten; die Rillen werden vorher mit Mörtel gefüllt. Die Belaftung ift bei 1,80 m Trägerteilung bis 5000 kg für 1 qm getrieben.

Rüftungen find zur Herftellung diefer Decke nicht nötig.

182. Decken von *Donath*.

Bei der Hohlfteindecke von Donath[274]), aus Hohlformfteinen mit gefalzten Fugen (Fig. 343) und ¬-Eifen oder ⊥-Eifen in den Falzen, wird das Eifen für die Tragwirkung weniger entfchieden ausgenutzt, da es der Dickenmitte nahe liegt.

Fig. 343.



Die Decke wird fo verlegt, dafs die Unterkanten der Fugeneifen auf die Trägerflanfche zu liegen kommen. Der Einrüftung bedarf diefe Decke für ihre Herftellung nicht.

Bei einem in Charlottenburg ausgeführten Belaftungsverfuche trug ein 1,50 m breites Balkenfach 7480 kg für 1 qm.

Donath[275]) benutzt ferner Falzhohlfteine, wie fie unter b, 4, α in grofser Zahl angegeben find, zum Einlegen von **S**-förmig gebogenen Blechen, indem er nach Fig. 344 den Falzen die diefer Blechform entfprechende Geftalt giebt.

Fig. 344.

183. Decken von *Mueller*.

Die Decke von *Mueller* (Fig. 345 bis 349[276]), welche in und bei Berlin vielfach Verwendung gefunden hat, fteht der in Fig. 343 dargeftellten fehr nahe. Der wefentlichfte Unterfchied befteht darin, dafs die Winkeleifeneinlagen, deren Stärke

273) Erzeugt von: *F. A. Beny*, Oppenheim a. Rhein. — Vereinigte Schwemmftein-Fabriken Engers a. Rh.

274) Siehe: Deutfche Bauz. 1898, S. 339. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitfchr. des Ver. deutfch. Ing. 1897, S. 1006. — Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 578. — Ueber viele ähnliche Hohlfteine fiehe: Schweiz. Bauz., Bd. 37 (1901), S. 113.

275) Erzeugt von: *J. Donath & Co.* in Berlin. — Siehe auch: Deutfche Bauz. 1900, S. 69.

276) Erzeugt von: *F. W. & M. Mueller* in Berlin.

Digitized by Google

zwiſchen $15 \times 15 \times 3$ mm und $60 \times 60 \times 8$ mm ſchwankt, durch entſprechende Formung der Falze an den Flanken der Hohlſteine der Unterkante näher gerückt, ſomit beſſer als Zugglieder der Platte ausgenutzt werden. Für ſtark belaſtete Decken kommen auch Einlagen von ⌙-Geſtalt zur Verwendung (Fig. 347). Bei geringer Belaſtung oder Traglänge werden die Eiſen nur in jede zweite Fuge eingelegt.

Um die Eiſen als Zugglieder wirkſam zu machen, wird auf zweckentſprechende Beſtimmung und genaue Ausführung ihrer Höhenlage groſser Wert gelegt, damit ſie

Fig. 345.

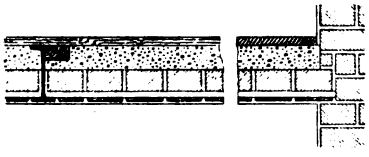
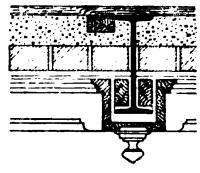


Fig. 346.



zwar noch gut in Mörtel eingehüllt werden, aber zugleich möglichſt weit unter die Plattenmitte zu liegen kommen. Nun ſollen dieſe Einlagen aber zugleich die Ausführung ohne Einrüſtung ermöglichen; ſie müſſen alſo ſchon in ihrer richtigen Lage angebracht ſein, bevor die in ſie eingreifenden Steine verlegt ſind. Da die Einlagen der genau beſtimmten Höhenlage wegen nicht ohne weiteres auf die Flanſchkanten gelegt werden können, ſo werden entſprechend gelochte Bandeiſenbügel auf die Träger gehängt (Fig. 349) oder im letzten Felde der Decke in einer Mauerfuge befeſtigt. Die Lochung dieſer Haken iſt in mehreren Höhen vorgenommen, ſo daſs man die Eiſen in verſchiedenen Höhen anbringen kann.

Fig. 347.

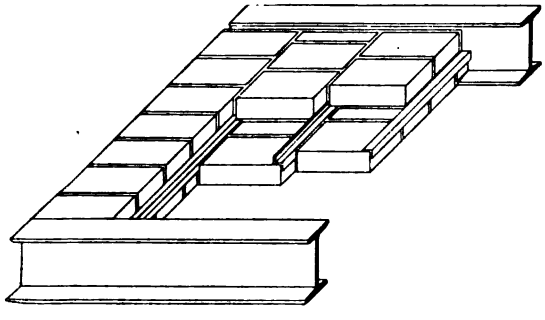


Fig. 345 zeigt die einfache *Mueller*'ſche Fachausfüllung, Fig. 346 das Anbringen einer Dielenverſchalung der vorſpringenden Träger, Fig. 348 eine doppelte derartige Decke, Fig. 347 die Decke mit doppelter Flachſchicht und ⌐- oder ⌙-Einlagen, Fig. 349 die Einzelausbildung der Blechhaken für die Einlagen.

Fig. 348.

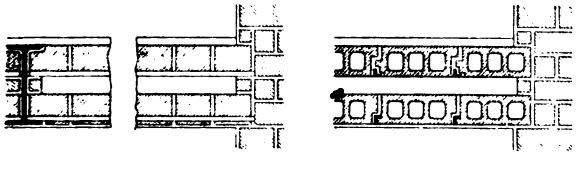
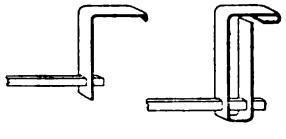


Fig. 349.



Als zuläſſige Belaſtung einer Decke von 10 cm Stärke und 140 cm Balkenteilung bei Einlegung eines Winkeleiſens von $15 \times 15 \times 3$ mm in jede zweite Fuge werden 450 kg für 1 qm angegeben; dieſer Wert ſteigert ſich bei einer 13 cm dicken Decke von 500 cm Balkenteilung mit Winkeleiſen von $60 \times 60 \times 8$ mm in jeder Fuge auf 750 kg für 1 qm und für eine 13 cm dicke Decke von 440 cm Balkenteilung und derſelben Eiſeneinlage auf 1000 kg für 1 qm.

Digitized by Google

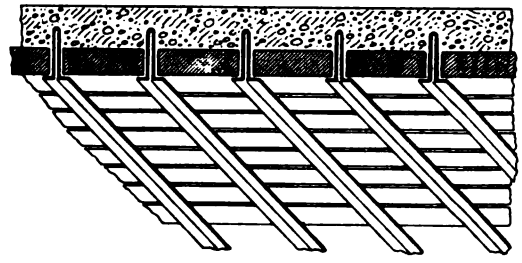
184. Decken von *Rapp* und von *Katz*.

Nach dem Patente *Rapp*[277]) werden aus Schwarzblech Nr. 14 kleine Fugenträger Ω-förmig 45 mm hoch und zwiſchen den Rändern 38 mm breit zuſammengebogen und in 26 cm Mittenabſtand auf die Unterflanſche der I-Balken gelegt. Die Teilung entſpricht der Steinlänge, ſo daſs nun Bahnen von Backſteinen flach oder hochkantig mit den Köpfen auf die abgebogenen Ränder gelegt werden können. Ueber den Backſteinen werden die Balkenfache mit Beton gefüllt.

In der unten[277]) angegebenen Quelle iſt eine Feuerprobe einer derartigen, unten mit Drahtnetz unter den Trägern abgeputzten Decke beſchrieben, bei der ſich eine gute Widerſtandsfähigkeit ergab.

Dieſe Konſtruktion ſtimmt nahezu genau mit den Betondeckenträgern von *Katz* (Fig. 350 u. 351) überein; nur ſind dieſe behufs Eintreibens von Hakennägeln zur Befeſtigung des Deckenputzes von unten in die Trägerfuge (Fig. 352) ſchärfer zuſammengebogen.

Fig. 350.



Auch die Vollſtein- oder Lochſteindecke von *Maucher*[278]) zeigt dieſelbe Art der Unterſtützung; nur ſind von Balken zu Balken kleine ⊥-Eiſen gelegt, auf deren Flanſchen die Steine flach oder hochkantig, der Länge oder der Breite nach, mit Mörtel verlegt werden.

Sollen die ⊥-Eiſen oder gar die Balkenunterflanſche von unten gedeckt werden, ſo müſſen die Steine an den auf die ⊥-Eiſen zu lagernden Kanten entſprechend tief ausgeklinkt werden.

Fig. 351.

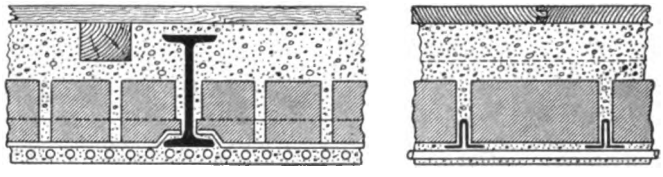
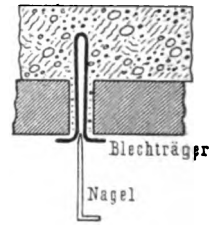


Fig. 352.

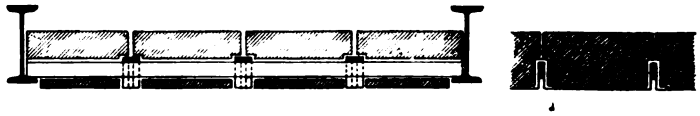


185. Decken von *Kreiſel* und von *Demski*

Bei der Bauart *Kreiſel* (Fig. 353[279]) liegen Flacheiſen zwiſchen den Balken hochkantig in den Fugen, über welche die gebogenen kleinen Blechhaken zur Aufnahme der Steine gehängt werden.

Demski[280]) in Wien verſieht die Fachausfüllung aus Lochſteinen mit Eiſeneinlage, indem er die Lochſteine ſo voreinander reiht, daſs von Träger zu Träger reichende Röhren entſtehen (Fig. 354). Sind mehrere Reihen verlegt, ſo werden die etwa 1,5 mm dicken und 3 cm hohen

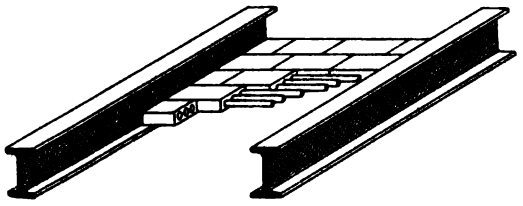
Fig. 353.



277) Erzeugt von: *Rapp Sheet Metal Works* in New York. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XXXVI (1896), S. 287.
278) Siehe: Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 456.
279) Siehe ebendaſ., S. 4.
280) Siehe ebendaſ., S. 222.

Digitized by Google

Fig. 354.



Eiſen mit einem Richtkamme an den Enden lotrecht geſtellt und in die Mitte der Hohlräume gerichtet. Hierauf wird das Ganze mit dünnem Zementmörtel 1 : 3 vergoſſen; zu dieſem Zwecke iſt die Schalung vorher mit immer wieder zu benutzender Dachpappe bedeckt.

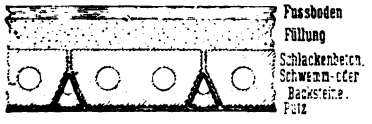
Bei Verſuchen des Stadtbauamtes in Wien trug die Decke 3500 kg für 1 qm; auch wurde ſie von einem 72 kg ſchweren, aus 2,20 m Höhe fallenden Steine nicht durchgeſchlagen. Die Tragfähigkeit kann durch die Zahl der mit Eiſenband verſehenen Hohlräume geregelt werden. Die Koſten dieſer Fachausfüllung werden mit Deckenputz zu 5,1 Mark für 1 qm angegeben.

186. Germaniadecken.

Die Zwiſchendecke »Germania« (Fig. 355[281]) zeigt eine durch das Fehlen der gewöhnlichen Balken eigenartige Zuſammenſetzung.

Die Balken werden durch dreieckig zuſammengebogene, unten umgefalzte Bleche erſetzt, die, in 25 bis 33 cm Teilung verlegt, weniger als ſelbſtändige Balken, denn als Zugglied in der ganzen Deckenplatte wirken ſollen. Der Innenraum des Dreieckes wird mit Zementmörtel ausgeputzt, der auf den Börtelrändern ſicher aufruht, die dünnen Bleche ausſteift, den Feuerſchutz für dieſe erhöht und das Putzen der Trägerunterflächen ermöglicht.

Fig. 355.



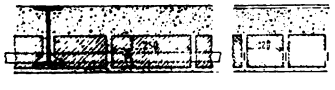
Zwiſchen die ſchrägen Flanken dieſer Dreiecke werden entſprechend keilig geſtaltete Hohlſteine aus Schlackenzement, Tuffmörtel oder gebranntem Thone mit Zementmörtel eingeſetzt. Auf der entſtehenden Platte können die gewöhnlichen Fuſsbodenarten ſämtlich hergeſtellt werden. Rillen in der Unterfläche der Hohlſteine und der Mörtel in den Fugen und Blechdreiecken ſichern das Anhaften des Deckenputzes.

Als Beiſpiele der zweiten Gruppe der hierher gehörenden Decken, bei denen die Einlagen in die Steinfugen weniger zur Ermöglichung der Eindeckung ohne Rüſtung als zur Bildung einer Zuggurtung dienen, ſind neben den in der erſten Gruppe bereits als nach dieſer Richtung wirkend bezeichneten die folgenden, im Weſen ihrer Wirkung übereinſtimmenden, doch aber meiſt patentierten Anordnungen aufzuführen.

187. Hakenſteindecken von *Donath*.

Donath[282]) führt Hakenhohlſteine ein, bei denen ſich eine in jedem Steine halbkreisförmige Erweiterung der Längsfugen zum Einlegen je eines ſtarken Drahtes in jede Fuge nahe der Steinunterkante findet. Die Steine ſind auf der Strangpreſſe herzuſtellen. Bei ihnen iſt der Mangel der beiden Anordnungen nach Fig. 343 u. 344 vermieden, daſs nämlich die Eiſeneinlagen der Mitte der Dicke zu nahe rücken und daher trotz ihrer groſsen Stärke wenig wirken. Die tief unten liegenden und gut eingehüllten Drähte bilden nun wirkſame Zugglieder der Decke. Die Fachausfüllung wiegt 85 kg und koſtet 3,5 bis 4,5 Mark für 1 qm.

Fig. 356.



188. *Kleine*'ſche Decken.

Die *Kleine*'ſche Decke (Fig. 356[283]) gehört zu den meiſt verwendeten dieſer Art, weil ſie keinerlei

281) Erzeugt von: *Carl Pötſch* in Minden i. W. — D. R.-G.-M. — D. R.-P. angemeldet. — Auslandspatente.

282) Falz- und Nutendecke. Deutſche Bauz. 1900, S. 544.

283) Erzeugt von: *J. F. Kleine & Stapf* in Berlin. — D. R.-P. 71102. — Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 240; 1894, S. 360; 1895, S. 197; 1897, S. 38. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 144. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 1006. — Deutſche Bauz. 1894, S. 238.

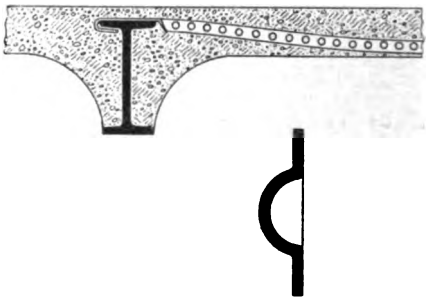
Digitized by Google

beſondere Einzelformen verlangt, ſondern aus allen vollkantigen Steinen und Bandeiſen, gewöhnlich von 2×25^{mm} Querſchnitt, herzuſtellen iſt.

Die Decke mufs zum Zwecke der Herſtellung eingeſchalt werden; dann werden hochkantig ſtehende Steinreihen mit der Länge der Steine rechtwinkelig zu den Balken, je nach der verlangten Tragfähigkeit, mit Kalk-, Zement- oder gemiſchtem Mörtel zwiſchen die Balken unter Auflagerung auf die Unterflanſche eingeſetzt, wobei je nach der verlangten Tragfähigkeit in jede, jede zweite oder jede dritte Fuge ein Bandeiſen hochkantig, möglichſt nahe der Fugenunterkante, in den Fugenmörtel ſo eingedrückt wird, dafs noch vollſtändige Umhüllung durch den Mörtel, auch unten, erzielt wird. Bei Verwendung beſſerer Mörtelarten kann die Schalung gleich nach Vollendung der Mauerung beſeitigt werden. Der Putz haftet ohne weiteres an der Unterfläche.

Die Bandeiſeneinlagen ſind neuerdings von *Stapff*[284]) nach Art der Wellblechſchienen mit Buckeln verſehen (ſiehe Fig. 162 u. 163, S. 90 u. 91), um das Haften im Mörtel zu verbeſſern; zugleich ſind ſie gekrümmt und unter Verdrehung der Enden um die obere Trägerflanſche gehakt, wie die Einlagen der *Koenen*'ſchen Voutenplatte (ſiehe Fig. 267 u. 268, S. 137). Dieſe Ausbildung iſt in Fig. 357 für Betonumhüllung gezeichnet, kann aber ebenſo auch für Backſteinplatten verwendet werden.

Fig. 357.



Sollen auch die Träger unterputzt werden, ſo bringe man die Schalung entſprechend tief unter den Trägern an und klinke die Lager der letzten Steine an den Trägern ſo weit aus, dafs ſie auf die Schalung zu ſtehen kommen. Man erhält dann eine Rille unter den Trägern, in die man den Putzſtreifen mittels der üblichen Mittel einbringen kann.

Ein Mangel dieſer Konſtruktion iſt jedoch, dafs die Bandeiſen, deren Enden auf den Trägerflanſchen bleiben müſſen, in den Fugen der Oberkante näher rücken, ſomit eine Abminderung der Aufnahme der Zugſpannungen entſteht. Dieſer Mangel kann gehoben werden, wenn man die Bandeiſen über die hohe Kante ſo biegt, dafs ſie mitten zwiſchen den Balken der Unterkante wieder nahe rücken, wie z. B. in Fig. 357.

Dieſe Decke iſt ſehr verbreitet und unter den gewöhnlichen Verkehrslaſten öffentlicher Gebäude bis zu 5^{m} Weite ausgeführt, ſo dafs z. B. 5^{m} breite Verbindungsgänge überhaupt keine Balken erhalten haben.

Selbſt bei beträchtlichen Balkenteilungen beſitzt die Decke eine Tragfähigkeit, die den gewöhnlichen Anforderungen ſogar in Lagerhäuſern reichlich gewachſen iſt.

134. Wellenſchienendecken.

Eine Schwäche dieſer Konſtruktion liegt darin, dafs der einzelne Stein bis zum Abbinden des Mörtels dem Herausdrücken nach unten oder auch oben nur ſehr geringen Widerſtand entgegenſetzt, weshalb die Verwendung guter Mörtelarten auch hier anzuraten iſt. Dieſen Uebelſtand ſchwächt die in Art. 83 (S. 90) zu Fig. 162 u. 163 beſchriebene Decke von *Sümmermann-Schürmann* ab, da die geringe zwiſchen den »Gewölbeträger«-Wellenſchienen entwickelte Gewölbewirkung

[284]) Erzeugt von: *A. Stapff* in Berlin. — D. R.-G.-M. 98737. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 52, 636.

Digitized by Google

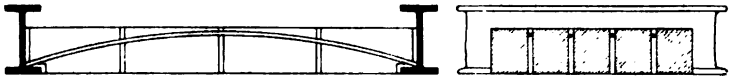
das Herausdrücken einzelner Steine erſchwert. Hierin ſind die beiden Decken verſchieden; fertig wirken ſie mit allen anderen Plattenformen mit Eiſeneinlagen ganz gleichartig.

Die Patente ſind alſo nur auf verhältnismäſsig unbedeutende Nebeneigenſchaften begründet und haben daher zu zahlreichen Streitigkeiten geführt, die bezüglich der beiden hier nebeneinander geſtellten Decken ſchlieſslich durch den Uebergang beider Patente in eine Hand geſchlichtet ſind, woraus ſich auch die Verwendung der Wellenſchiene durch *Stapff* nach Fig. 357 erklärt. Welche Uebelſtände die Erteilung ſo vieler, im Weſen mit den ſchon gleichartigen Patenten *Rabitz* und *Monier* und unter ſich übereinſtimmenden Patente nach ſich zieht, wurde ſchon in Art. 77 (S. 83) erörtert. Auch die im folgenden anzuführenden Beiſpiele ſind wieder nur in Aeuſserlichkeiten, nicht im Weſen von den vorſtehenden verſchieden.

190. Viktoriadecken.

Die »Viktoriadecke« der Geſellſchaft »*Hanſa*« in Bremen[285]) beſteht wie die vorhergehenden aus nebeneinander geſtellten Steinreihen, hat aber Rundeiſeneinlagen in Bogenform in den Mörtelfugen. Zweck iſt, das Gewicht der Steine und die Laſt

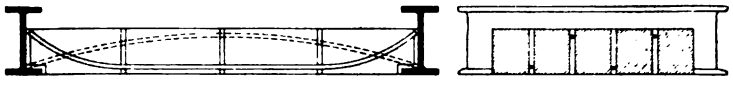
Fig. 358.



nicht bloſs durch gerade Trägerformen wie bei den Decken von *Kleine* und *Schürmann*, ſondern durch die kräftigere Wirkung des Bogens bei nach oben, und der Kette bei nach unten gekrümmten Rundeiſen aufzunehmen.

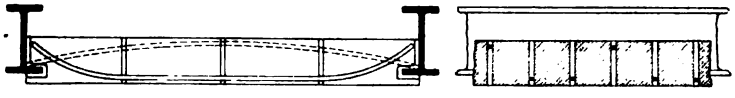
Die älteſte Form (Fig. 358) zeigt ausſchlieſslich nach oben gekrümmte Einlagen. Dieſe ſind, durch den Mörtel vor dem Ausknicken geſchützt, zwar im ſtande,

Fig. 359.



eine erhebliche Bogenwirkung zu leiſten, wenn die Balken den Schub aufnehmen können; es fällt aber ſogleich auf, daſs hier derjenige Teil des Steinquerſchnittes durch Eiſen verſtärkt wird, der deſſen am wenigſten bedarf: der obere. Der Zug in den unteren Teilen, ſoweit die Eiſenbogen ſolchen entſtehen laſſen, muſs allein vom Mauerwerke aufgenommen werden, und ſo bilden bei dieſer Form weſentlich

Fig. 360.



nur die Eiſenbügel das Tragwerk; das Mauerwerk dient überwiegend bloſs zur Ausfüllung.

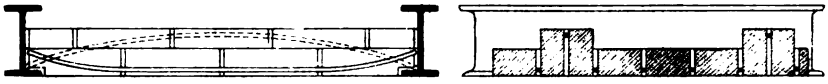
Um nun die hohe Druckfeſtigkeit des Mauerwerkes wie bei den früher beſchriebenen Decken zur Erhöhung der Tragwirkung heranzuziehen, iſt bei einer zweiten Form der Viktoriadecke abwechſelnd je ein nach oben und ein nach unten gekrümmter Bügel eingelegt (Fig. 359). Erſterer behält die oben geſchilderte Wirkung; letzterer unterſtützt das Mauerwerk bei der Aufnahme der Zugſpannungen. Da letztere Unterſtützung die wichtigere iſt, ſo wird die Decke auch nach Fig. 360

285) Siehe: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 148. — D. R.-P. 81135 u. 82941. — Erzeugt von: *B. T. Wilckens* in Bremen.

Digitized by Google

mit je zwei nach unten und je einem nach oben gekrümmten Bügel gebildet. Die Konſtruktion in Fig. 361 trägt dem Umſtande Rechnung, daſs man die volle Leiſtung des Mauerwerkes auf Druck bei derartigen gemiſchten Bauweiſen nicht ausnutzen kann, ohne die Zugſpannungen zu hoch werden zu laſſen, wenn man der Decke überall gleiche Stärke giebt. Durch Anreihen von drei flachen Steinreihen an zwei

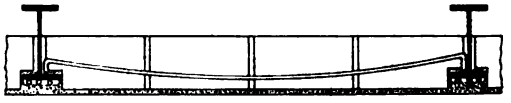
Fig. 361.



hochkantig ſtehende hat man das Mauerwerk überwiegend dahin gebracht, wo Zug aufzunehmen iſt und hier auch durch die überwiegenden Hängebügel noch beſonders verſtärkt, während die ſchmalen, nach oben vorſtehenden Rippen mit der einen Bogeneinlage als Druckgurtung gedacht ſind; die hier angenommene Spannungsverteilung wird aber nicht in vollem Maſse auftreten.

Nach Angaben der Geſellſchaft »Hanſa« über Verſuche mit dieſer und anderen Decken ſoll ſie den zum Vergleiche herangezogenen an Tragfähigkeit bei 1,00 m Fachbreite mit mehr als 6000 kg für 1 qm mindeſtens gleichſtehen, an Widerſtandsfähigkeit gegen Stöſse jene übertreffen. Während andere Decken von einem Schlage mit 25 kg und zweien mit 50 kg aus 3,60 m Höhe in der Regel durchgeſchlagen wurden, hielt eine Decke nach Fig. 358 dieſe Stöſse ohne weſentliche Verletzung aus. Eine ſolche nach Fig. 359 wurde mit gleichem Erfolge noch zwei Schlägen mit 100 kg aus derſelben Höhe ausgeſetzt. Dieſe beiden Decken trugen dann noch 2000 kg für 1 qm Laſt durch längere Zeit ohne merkbare Veränderung.

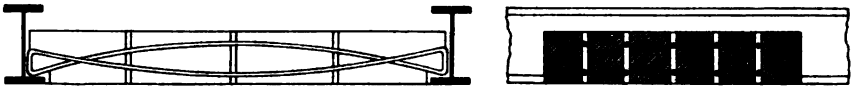
Fig. 362.



Um die Hängeeiſen an den Enden ſicherer in den Mörtel einzubetten, werden ihre Enden auch wohl lotrecht oder wagrecht abgebogen (Fig. 362).

Fig. 362 zeigt ferner, daſs es mittels der Hängebügel leicht iſt, die Steinunterkante unter die Trägerkante zu ſenken und ſo wirkſamen Feuerſchutz für

Fig. 363.



letztere zu erzielen, ohne dabei die günſtige Lage der Eiſen nahe der Unterkante in der Fachmitte aufgeben zu müſſen.

Schlieſslich zeigt Fig. 363 eine Ausbildung dieſer Decke, bei der für jede Fuge ein Bogen und ein Hängebügel aus einem Rundeiſen zuſammengebogen ſind, ſo daſs beide Wirkungen in jeder Fuge erzielt werden.

191. Decken von *Wilkens*.

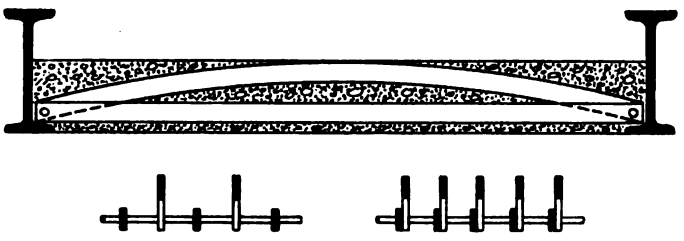
Eine Decke wieder weſentlich gleicher Wirkung und ähnlicher Konſtruktion giebt *C. B. T. Wilkens* in Bremen[286]) an. Er verwendet ſtatt der Rundeiſen, wie *Kleine* und *Schürmann*, Flacheiſen, krümmt dieſe aber zur Bogen- oder Kettenform, und ſetzt, wenn er ſie als Bogen verwendet, in den unteren Fugenteil ein gerades Bandeiſen als Zugband ein, das mittels durchlaufender Rundeiſen mit den Bogenenden verbunden iſt; Bogen und Zugeiſen liegen dabei entweder beide in jeder

[286]) D. R.-G.-M. 80129. — Siehe auch: Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 1477.

Digitized by Google

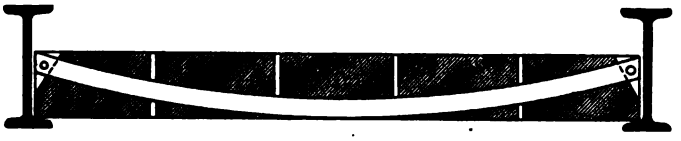
Fuge oder wechſeln in gröſseren Abſtänden ab, wie in Fig. 364 für Betondecken gezeigt iſt. Für Backſteinausfüllungen iſt hauptſächlich die in Fig. 365 dargeſtellte Anordnung beſtimmt, bei der die Bandeiſen als Ketten wirken, welche ihren Zug mittels durch die Enden geſteckter, in Mörtel gebetteter Rundeiſen auf die Backſteinausfüllung als Druckbaum übertragen. Auf beide Weiſen entſtehen ſehr tragfähige Fugeneinlagen.

Fig. 364.



Alle dieſe Konſtruktionen ſind aus der mehr oder weniger entſchieden zu erkennenden Abſicht hervorgegangen, durch das vollſtändige Einbetten des Eiſens in den Fugenmörtel aus Stein, Mörtel und Eiſen geſchloſſen wirkende Verbundkörper herzuſtellen, deren Beſtandteile Zug und Druck in jedem kürzeſten Plattenteile durch gegenſeitige Beeinfluſſung durch Scherſpannungen ausgleichen ſollen, wobei auf die chemiſche oder mechaniſche Verbindung des Eiſens mit dem Mörtel gerechnet wird. Bei den mit hochkantig geſtellten Bandeiſeneinlagen ausgeſtatteten Decken ergiebt ſich dabei, daſs die Einlagen nicht reinen Längszug, ſondern, der Biegung der ganzen Platte folgend, ein erhebliches Maſs von Biegungsſpannung aufzunehmen haben; bei den mit Rundeiſen ausgeſtatteten fällt dieſe Biegung wegen des geringen Widerstandsmoments nicht in das Gewicht.

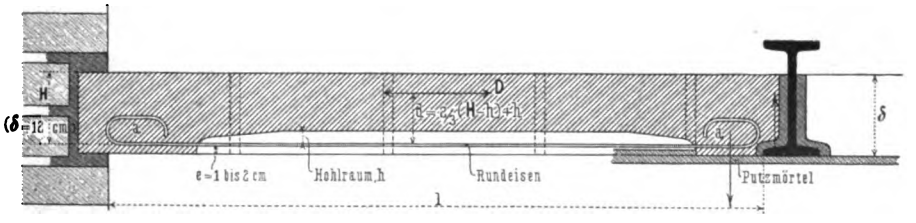
Fig. 365.



192. Decken von *Szarbinowski & Kaufmann.*

Um nun einerſeits von den ſehr berechtigten Zweifeln an der chemiſchen Verbindung der Teile und der Zuverläſſigkeit des Haftens des Eiſens im Mörtel frei zu werden, andererſeits die Beanſpruchung des Eiſens ſicher auf reinen Längszug zu beſchränken, haben *Szarbinowski & Kaufmann*[287]) die in Fig. 366 bis 368 dar-

Fig. 366.



geſtellte Deckenanordnung durchgebildet. Beim Vermauern der Steine wird durch Einlegen von Sandleiſten in die unterſten Fugenteile dafür geſorgt, daſs dieſe von Mörtel völlig frei bleiben (Fig. 368), nachdem vorher an den Enden öſenartig zugebogene Rundeiſen in jede Fuge eingelegt ſind. Nur etwa in der Längen-

[287]) D. R.-G.-M. 91032. — Patenterteilung ſteht zu erwarten.

Digitized by Google

ausdehnung dieſer Oeſen werden die Fugen ganz bis unten mit Mörtel gefüllt (Fig. 366). Da nun der trockene Sand beim Ausrüſten herausfällt oder doch leicht zu beſeitigen iſt, ſo entſtehen völlig ſelbſtändige Zugeiſen in den Fugen, deren Kraftangriff unzweifelhaft beſtimmt liegt, während der ſelbſtändige Steinkörper oben mit Sicherheit etwa in der Weiſe als auf Druck beanſprucht in Rechnung geſtellt werden kann, daſs die Spannung von ihrem gröſsten Werte an der Oberkante bis Mörtelunterkante auf Null abnimmt. Für den Hebel der Mittelkraft der Druckſpannungen im Mauerwerke ergiebt ſich dann mit verhältnismäſsig groſser Sicherheit das Maſs $\frac{2H+h}{3}$ (Fig. 366).

Nun wäre man aber ohne beſondere Vorkehrungen bezüglich der Uebertragung der Kraft vom Zugeiſen auf das Mauerwerk doch wieder auf das unſichere Haften beider aneinander angewieſen; für dieſe Uebertragung ſind die Oeſen beſtimmt, die

Fig. 367.

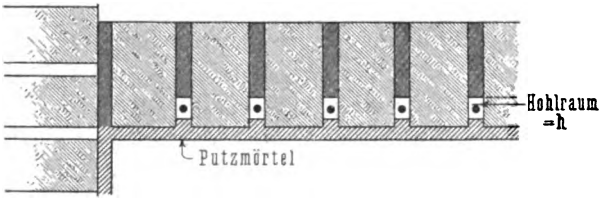
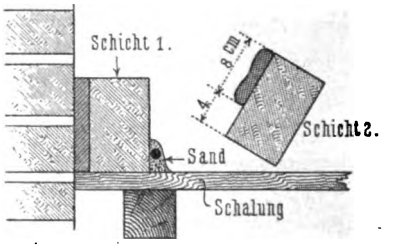


Fig. 368.



einen Mörtelkern *a* (Fig. 366) von ſolcher Flächenausdehnung umſchlieſsen, daſs die Scherſpannung dieſer Fläche mittels des ſicheren Anhaftens des Mörtels an den Steinen die Zugkraft des Eiſens auf das Mauerwerk überträgt. So entſteht innerhalb der Plattendicke ein klar wirkendes Gewölbe mit Zugverankerung.

Bei der ſtatiſchen Betrachtung muſs berückſichtigt werden, daſs der Angriff der wagrechten Kraft wegen der erforderlichen Gröſse der Schleife nicht in die lotrechte Stützungslinie am Träger oder an der Mauer fällt, und daſs hieraus ein beſonderes Biegungsmoment erwächſt, weil man den Stützpunkt des verankerten Plattenteiles da annehmen muſs, wo die wagrechte Kraft angreift, etwa in der Mitte der Schleifenfläche *a*; in Fig. 366 iſt dieſe Wirkung auskragender Lagerung rechts durch Pfeile angedeutet. Es leuchtet ein, daſs man die Schleifen ſo kurz machen und ſo weit nach auſsen ſchieben muſs, wie irgend möglich, um dieſe ungünſtige Lagerwirkung thunlichſt zu beſchränken.

c) Vergleich der Wirkung gewölbter und plattenartiger Fachausfüllungen.

193. Vergleich von Wölbung und Platte.

Wenn es auch durch Verwendung vorzüglicher Zemente und der Eiſeneinlagen in neuerer Zeit gelungen iſt, lediglich durch Biegungswiderſtand wirkende Tragplatten hoher Tragfähigkeit herzuſtellen, welche die alte Anſchauung, daſs Mauerwerks- und Mörtelkörper überhaupt keinen Zugſpannungen ausgeſetzt werden dürften, als eine nicht mehr zutreffende erſcheinen laſſen, ſo zeigen doch die vorſtehenden Erörterungen, daſs auch dieſe neuen Konſtruktionen immer noch nicht geſtatten, ſolche Körper Zugſpannungen gegenüber mit demſelben Grade von Sorgloſigkeit zu behandeln wie beim Auftreten von Druck, und daſs ſelbſt die beſten trotz der an-

Digitized by Google

geführten Mittel noch nicht Gleichheit der Leiſtungsfähigkeit gegen Zug und gegen Druck ſchaffen, die ſich z. B. beim Eiſen findet.

Von dieſem Geſichtspunkte ausgehend, muſs man auch heute noch die Wölbung als der Platte überlegen bezeichnen, da ſie bei richtiger Geſtaltung alle Teile des ganzen Körpers der günſtigeren Druckbeanſpruchung ausſetzt, indem der dem Schube entſprechende Längsdruck die aus auch hier faſt immer wirkenden Biegungsmomenten erwachſende Zugſpannung überwiegt. Ein ſolcher Längsdruck iſt geradezu als eine Entlaſtung der Stein- und Mörtelkörper aufzufaſſen, wie bei ihrer Berechnung ſpäter noch erörtert werden wird.

Nun iſt dieſer günſtig wirkende Längsdruck jedoch keineswegs an eine wirkliche Wölbung gebunden; durch entſprechende Lagerung oder Geſtaltung kann man einen ſolchen auch bei wagrechten, alſo plattenartigen Körpern erzeugen, wie z. B. bei den in den Fig. 83 bis 87, 194, 333, 334 u. 335 dargeſtellten.

Daſs man nun dieſe für die Tragfähigkeit der Fachausfüllungen günſtige »Einſpannung« nicht ſtets zur Anwendung bringt, liegt lediglich daran, daſs man den Höhenverbrauch und die unebene Unterfläche der Wölbungen in vielen Fällen zu ſcheuen hat, und daſs man dieſe Einſpannung in allen Fällen eben nur durch die Gegenkraft eines Schubes gegen Balken oder Wände erzeugen kann. Daſs aber die Aufnahme eines ſolchen Schubes oft auf beträchtliche Schwierigkeiten ſtöſst, wurde ſchon in Art. 85 (S. 94) erörtert.

Als Ergebnis iſt alſo feſtzuſtellen, daſs man ſtets ſtreben ſoll, die Fachausfüllungen neben den Biegungsmomenten auch einem Längsdrucke auszuſetzen, daſs man hierzu aber in vielen Fällen nicht in der Lage iſt, weil die unterſtützenden Bauteile, Träger oder Wände, nicht die zur Aufnahme des entſtehenden Schubes erforderliche Seitenſteifigkeit beſitzen. Auch bei Platten kann man dieſe »Einſpannung« ſtets erzielen, wenn man die Ränder an den Trägern keilig begrenzt, entſprechende Keilleiſten in die Träger putzt und die Balken in der in Art. 85 (S. 94) erörterten Weiſe mit Verankerungen verſieht. Letztere Maſsregel iſt aber oft ſo teuer, daſs die Mehrkoſten der Verankerung denjenigen an den Fachausfüllungen erzielten Gewinn überwiegen. So wird man denn in ſehr vielen Fällen auf die Vorteile der »Einſpannung«, d. h. der Erzeugung eines Längsdruckes, verzichten und ſich mit der alleinigen Wirkung durch den Biegungswiderſtand bei entſprechend ſtärkerer Konſtruktion der Platten begnügen müſſen.

d) Verbundbalken.

194. Verbundbalken.

In allerjüngſter Zeit wird nun auch der Vorſchlag gemacht, die Balken ſelbſt nicht in Holz oder Eiſen, ſondern auch als Verbundbalken in Beton und Eiſen mit eingebetteten Zuggliedern auszubilden. In gewiſſem Sinne entſprechen ſchon die Anordnungen von *Hennebique* (Fig. 277 bis 279, S. 141) dieſem Gedanken; doch bilden hier Balken und Decke noch gemeinſam hergeſtellte und untrennbar verbundene Körper.

Unter anderen ſchlägt *Buſſo v. Buſſe*[288]) vor, rechteckige Betonbalken ganz ſelbſtſtändig zu ſtampfen, in deren Unterſeite gewöhnliche Gelenkketten aus Flacheiſenſtäben mit Augenköpfen und Bolzenverbindung eingebettet werden. Solche Balken können dann zu ebener Erde fertig gemacht und nach dem Abbinden wie

[288]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1901, S. 71. — Oeſt. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1901, S. 103.

Digitized by Google

Holzbalken verlegt werden. Zugleich kann man ihnen einen für das Einbringen und Lagern bequemen Querſchnitt geben; man kann ihre Höhe dem Wechſel der Biegungsmomente anpaſſen, und ſchliefslich kann man ihnen durch ſeitliche Einlagen eine grofse Widerſtandsfähigkeit gegen ſeitliche Belaſtung (etwa durch Kappenſchübe) geben.

Nach den bisherigen Erfahrungen mit den Verbundkörpern dürfte ſich die Verfolgung dieſes Gedankens in geeigneten Fällen wohl empfehlen.

---

5. Kapitel.

Balkendecken in Eiſen.

195. Decken mit Wellblech.

Der für ganz in Eiſen konſtruierte Balkendecken, d. h. für Decken, die eine ununterbrochene Eiſenfläche in den Balkenfachen zeigen oder bei denen doch das Eiſen allein alle Tragwirkungen übernimmt, am meiſten verwendete Bauſtoff iſt das Wellblech, welches je nach der Form der Wellen in zwei Arten: flaches Wellblech und Trägerwellblech geſondert wird[289]). Die Wellen der erſten Art beſtehen aus flachen, mit gemeinſamer Berührender aneinander ſchliefsenden Kreisbogen; diejenig der zweiten beſtehen aus Halbkreiſen, welche unmittelbar zuſammenſchliefsen oder durch kurze lotrechte Stegſtücke verbunden ſind. Die Abmeſſungen und Widerſtandsmomente der Wellbleche verſchiedener Werke werden in Kap. 9 mitgeteilt werden[290]).

Die tragenden Balken ſind gewöhnlich gewalzte I-Eiſen, auf deren untere Flanſche die Bleche gelagert werden. Letztere kommen gerade oder gebogen (bombiert) zur Verwendung; die Biegung ſollen ſie bei der Herſtellung, nicht auf der Bauſtelle erhalten, obwohl dadurch der Preis etwas erhöht wird. Ueberall, wo irgend welche Feuchtigkeit auf die Bleche wirken kann, ſollen verzinkte Bleche verwendet werden. In geſchützter Lage genügt es, wenn die Bleche nach der Abnahme im Werke gereinigt und mit Bleimennige geſtrichen, nach dem Verlegen einmal mit Bleimennige und zweimal mit Oelfarbe nachgeſtrichen werden.

196. Gebogene Wellbleche.

Gebogene Wellbleche, als Bogen verwendet, geſtatten in der Regel wegen der hier vorwiegenden Beanſpruchung des Bleches auf Druck die Verwendung leichterer Bleche; dagegen ſind die Träger, da Seitenſchübe auf ſie ausgeübt werden, ſtärker zu wählen.

Zur Ueberfüllung verwendet man mageren Mörtel, noch beſſer Beton. Für hölzerne Fufsböden werden die Lagerhölzer in letzteren eingeſtampft; Eſtriche und Plattenbeläge können darauf ohne weiteres verlegt werden. Nach unten kann das Eiſen ſichtbar bleiben, oder man kann an die Eiſenträger eine Deckenſchalung anhängen, welche man erforderlichenfalls auch zu putzen in der Lage iſt.

In ſehr geſchickter Weiſe wurden im Muſeum für Völkerkunde zu Berlin derart konſtruierte Decken zur Ausführung gebracht.

---

[289]) Siehe auch Teil I, Bd. 1, erſte Hälfte (Abt. I, Abſchn. 1, Kap. 6) und Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 240 u. 241, S. 304 [2. Aufl.: Art. 237 u. 238, S. 277], ſowie Art. 251, S. 314 [2. Aufl.: Art. 248, S. 288]) dieſes »Handbuches«. — Eiſenbahn, Bd. 24, S. 46.

[290]) Siehe auch über die Profile Nr. I bis VI der »Actien-Geſellſchaft für Verzinkerei und Eiſenconſtruction, vorm. *Jacob Hilgers*« in Rheinbrohl: Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Art. 241, S. 305; 2. Aufl.: S. 279) dieſes »Handbuches«.

Digitized by Google

Die 15m tiefen, durch ſchmiedeeiſerne Unterzüge auf gufseiſernen Säulen in der Mitte unterſtützten Decken der Ausſtellungſäle beſtehen aus gewölbtem und ſauber verzinktem, zwiſchen gewalzten Trägern geſpanntem Wellbleche, auf welches Beton aufgetragen iſt; letzterer iſt mit Mettlacher Thonflieſen belegt. Die verzinkten Bleche erhielten zum Schutze gegen Blindwerden, gleich nachdem ſie aus dem Metallbade gekommen waren, einen Ueberzug, der aus einer Miſchung von Damaralack und holländiſchem Standöle beſtand. Die unteren Flanſche der Walzträger ſind an den ſichtbaren Unterflächen mit gepreſsten Meſſingflieſen geſchmückt; auch dieſe wurden mit Firnis überzogen, welcher ſie vor dem Oxydieren ſchützt und ihnen eine goldähnliche Färbung verleiht[291]).

Fig. 369.

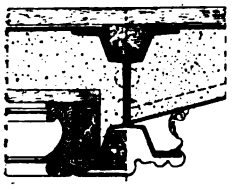


Fig. 369 u. 370 zeigen Decken aus Wellblechbogen. Beſonders zweckmäſsig iſt dieſe Anordnung zur Ueberdeckung langer ſchmaler Räume (Flurgänge u. dergl.). Man legt hier — bei zur Aufnahme des Schubes ungenügender Wandſtärke miteinander verankerte — ſchwache L- oder C-Eiſen in die Wand, welche den Druck des Bogens unmittelbar an die Mauern abgeben und bei Verankerung die Schübe zwiſchen den Ankern aufzunehmen haben; man wähle daher im letzteren Falle Eiſen mit groſser Seitenſteifigkeit, etwa flach gelegte ⊔-Eiſen oder ungleichſchenkelige ⌊-Eiſen.

Von beſonderer Wichtigkeit iſt die Kämpferanordnung der Blechbogen. Der Einfachheit wegen hat man das Blechende ſtumpf gegen die Fläche von erhärtetem fettem Zementbeton (*b* in Fig. 370) oder auch ohne weitere Vorſichtsmaſsregeln unmittelbar gegen das Eiſen der Träger (Fig. 369 rechts) geſetzt. Der ſcharfe Blechrand friſst ſich dann aber leicht ein, und es iſt daher beſſer, die Kämpferfläche erſt mit ſchwachem Bleche zu belegen oder, wie bei *a* in Fig. 370, ein Kämpfer-L-Eiſen am Bleche zu befeſtigen. Die Verankerung, welche hier wegen des meiſt geringen Gegenſchubes der unbelaſteten Oeffnung gewöhnlich in allen Fachen anzubringen und in je zwei Nachbarfachen behufs Anbringens der Muttern an jedem Träger um ein Geringes wagrecht zu verſetzen iſt (Fig. 370), liegt hier, wie bei Wölbungen, am geſchützteſten über dem Bogenſcheitel, kann jedoch auch unter das Blech gelegt werden, wenn dieſes hinreichend hoch in den Trägern ruht. In den Wänden erhalten die Anker die gewöhnlichen Splinte oder Druckplatten.

Fig. 370.

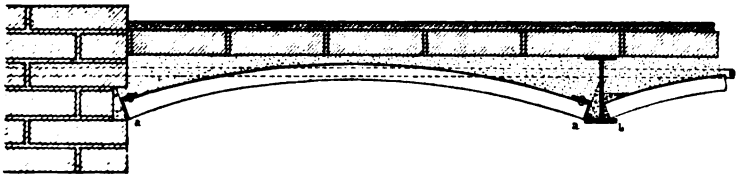


Fig. 371.

Eine einfachere und wirkſame Verankerung iſt auch hier durch über, bezw. unter die Träger gelegte Flacheiſen mit Klammern nach Fig. 174 u. 175 (S. 96) oder auch, bei ebener Deckenausbildung, durch nach Fig. 255 (S. 131) angebrachte *Monier*-Platten zu erzielen.

197. Gerade Wellblechdecken.

Wellblech, insbeſondere Trägerwellblech, wird zu Decken auch noch in der Weiſe verwendet, daſs man die tragenden Walzbalken wegläſst und nur bei gröſseren Spannweiten einen Unterzug anordnet.

Eine gerade Wellblechdecke aus Trägerwellblech von groſser Weite, daher mit eiſernem Unterzuge, unten geputzt, iſt in Fig. 372 dargeſtellt, welche zeigt, wie

[291]) Siehe: Zeitſchr. f. Bauw. 1887, S. 48.

Digitized by Google

gering die durch ſolche Decken eingenommene Höhe iſt. Das Blech iſt behufs ganz gleichmäſsiger Auflagerung am Ende in ein Winkeleiſen, etwa mit jeder dritten Welle, eingeſtiftet, welches auf, bezw. in der Wand ruht.

An den Wänden, welche mit den Wellen gleiche Richtung haben, iſt die letzte abgebogene Welle in eine Fuge der Wand geſteckt, um Dichtung zu erzielen. Auf dem Unterzuge ſind die unbefeſtigten Tafeln etwa 8 cm übereinander gelegt und in den Bergen durch kleine Stifte verbunden. Zur Aufnahme des hölzernen Fuſsbodens ſind Lagerleiſten in Abſtänden von etwa 75 cm in die Wellen eingepaſst [292]); der Zwiſchenraum zwiſchen Fuſsboden und Blech iſt mit Füllſtoff ſo geſchloſſen, daſs die Bretter thunlichſt ganz voll aufruhen. Behufs Anbringens der Deckenſchalung für den Putz ſind auch von unten Leiſten eingepaſst und mit ſchwachen Bolzen an den Wellenbergen befeſtigt; auch der Unterzug iſt rings in Holzleiſten gehüllt, um ihn putzen zu können. Oben iſt die Fuge zwiſchen Fuſsboden und Wandputz durch eine auf Dübel in der Wand geſchraubte Stoſsleiſte wie gewöhnlich gedeckt. Die Füllung erhält auch hier zweckmäſsig durch Beimengen eines ſchwachen Mörtelzuſatzes ſo viel Zuſammenhalt, daſs ein Schub gegen die Wellenwände vermieden wird. Der Hohlraum zwiſchen Deckenſchalung und Blech trägt zugleich zur Dichtigkeit und Feuerbeſtändigkeit der Decke bei, kann jedoch nötigenfalls unbedenklich noch mehr eingeſchränkt werden, als dies in Fig. 372 dargeſtellt iſt.

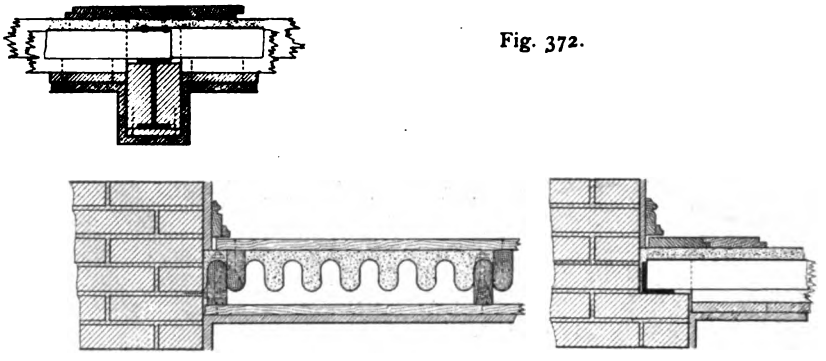
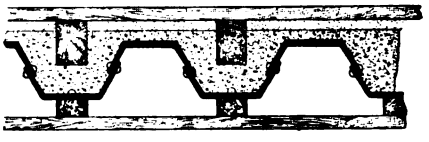


Fig. 372.

198. Decken aus *Lindſay*-Trögen.

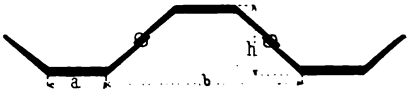
Die Decke aus *Lindſay*-Trögen (Fig. 373 [293]) iſt der geraden Wellblechdecke in jeder Beziehung nahe verwandt. Die einzelnen Tröge werden als Platten mit verſtärktem Mittelteile gewalzt, dann rund oder kantig in die Trogform gebogen und nach Fig. 374 vernietet. Bei runden Trögen entſteht ſo eine Wellendecke mit Verſtärkungen in den Wellenſcheiteln. Der weſentlichſte Unterſchied gegenüber der Wellblechdecke iſt die beträchtlich gröſsere Tragfähigkeit, welche ſelbſt unter ſchweren Laſten bei Verwendung der ſtärkſten Querſchnitte dieſer Art die Anordnung von Spannweiten bis zu 12 m ohne zwiſchengelegte Unterzüge geſtattet.

Fig. 373.



Die Troghöhlungen werden mit Schlackenbeton ausgeſtampft, in welchen man die Lager für hölzerne Fuſsböden einſtampft. Den Uebelſtand, daſs man für die Befeſtigung des Deckenputzes irgend welcher Art die Trogböden anbohren muſs, hat dieſe Decke mit der Wellblechdecke gemein.

Fig. 374.



Eine gute Eigenſchaft der Wellblech- und der Trogdecke iſt die gleichförmige Verteilung der Laſt auf die ganze Länge der ſtützenden Mauern, welche die Schwierigkeiten der Auflageranordnung der nur an einzelnen Punkten Laſten abgebenden Balken und Träger beſeitigt.

292) Siehe: Gerade Wellblechdecke mit Holzbelag in Aſphalt. Deutſche Bauz. 1883, S. 397.

293) Siehe: *Engineer*, Bd 64 (1887), S. 289. — *Engng.*, Bd. 44 (1887), S. 209. — Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 389.

Digitized by Google

Die Abmeſſungen der *Lindſay*-Tröge ergeben ſich mit Bezug auf Fig. 374 aus nachſtehender Zuſammenſtellung:

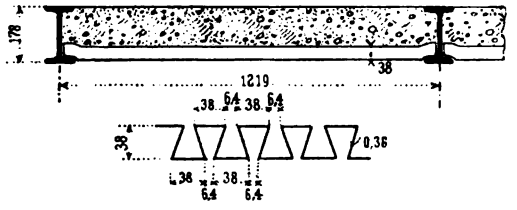
Nr.	*h*	*a*	*b*	*G* für 1 qm Grundfläche	*W* für zwei vernietete Querſchnitte	Nr.	*h*	*a*	*b*	*G* für 1 qm Grundfläche	*W* für zwei vernietete Querſchnitte
D 1	305	229	584	234	1640	*B* 8	152	127	406	122	265
D 2	305	229	584	171	1535	*B* 9	152	127	406	107	235
D 3	305	229	584	136	1175	*B* 10	152	127	406	97	200
C 4	178	152	508	166	563	*A* 11	127	115	356	94	152
C 5	178	152	508	133	460	*A* 12	127	115	356	78	126
C 6	178	152	508	112	365	*O* 13	102	102	203	75,5	101
C 7	178	152	508	102	323	*O* 14	102	102	203	63	89
						O 15	102	102	203	53,5	70
	Millim.			Kilogr.	bezogen auf Centim.		Millim.			Kilogr.	bezogen auf Centim.

Auſser den eckigen Trögen in Fig. 373 u. 374 werden auch Halbwellen hergeſtellt[294]), welche, ebenſo wie die Tröge vernietet, einen Wellenquerſchnitt mit verſtärkten Scheiteln, ähnlich den Trägerwellenblechen, liefern.

199. Blechdecken von *Bailey*.

Der Wellblechdecke verwandt iſt die Decke von *Bailey* (Fig. 375[295]). Dieſe beſteht aus einer zu Trapezzähnen zuſammengebogenen Unterlage aus Eiſenblech von 0,86 mm Dicke. Die Ueberfüllung wird aus 1 Teil natürlichem Zement (Roſendale), 2 Teilen Sand und 4 Teilen Schlacke gemiſcht. Unter die Decke wird ein Kalkmörtelputz mit Zuſatz von Haaren oder Asbeſt gebracht, welcher infolge Eindringens in die Trapeznuten mit zahlreichen Schwalbenſchwanzleiſten feſt unter der Decke haftet und die Balken mit Hülfe eingelegter Drahtnetzſtreifen unterdeckt.

Fig. 375.



Bei einer Feuererprobung durch die ſtädtiſche Baubehörde von New-York unter 730 kg für 1 qm Belaſtung mit folgender Abſchreckung, welche ganz ſo ausgeführt wurde, wie es in Art. 146 (S. 146) zu Fig. 288 beſchrieben iſt, blieb die Decke unverſehrt; erſt der Waſſerſtrahl ſchwemmte den Putz teilweiſe ab. Die Durchbiegung betrug bei 487 cm Lichtweite in heiſsem Zuſtande etwa 70 mm, nach Abkühlung noch etwa 50 mm. Die Decke erwies ſich nach der Probe als waſſerdicht.

200. Decken von *Buckeye* und von *Homan & Rodgers*.

Weiter haben die »Buckeye-Trogdecke«[296]) und die Decke von *Homan & Rodgers*[297]), welche einander faſt vollſtändig gleichen (Fig. 376), Aehnlichkeit mit Wellblechdecken. Auf die Unterflanſche der Balken werden dreieckige Trogträger geſtellt, welche nach der erſt angeführten Quelle aus Blech gebogen, nach der letzteren auch aus Thon gepreſst und gebrannt ſind; in beiden Fällen iſt auch Guſseiſen in Anwendung. In die Vertiefungen der Decke wird Beton geſtampft, der

294) Vergl.: *Engineering*, Bd. 44 (1887), S. 209.

295) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVII (1897), S. 15.

296) Erzeugt von: *Youngſtown Iron & Steel Roofing Co.* in Youngſtown, Ohio. — Siehe auch: *Engineering news* 1896 — II, S. 18.

297) Erzeugt von: *Homan & Rodgers* in London. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1895, S. 284.

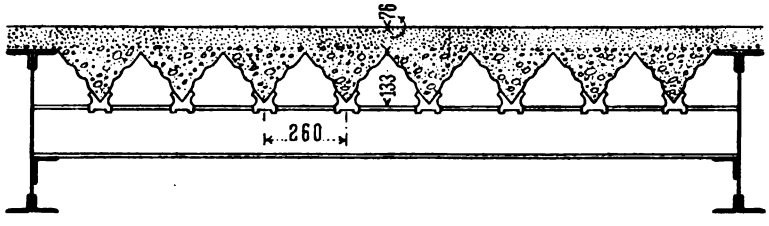
Digitized by Google

oben über den Trägern geſchlichtet wird. Je tiefer die Tröge in die Betonfüllung einſchneiden, deſto gröſser wird ihre Tragfähigkeit und deſto geringer gleichzeitig das Deckengewicht.

201. Decken mit Tonnenblechen.

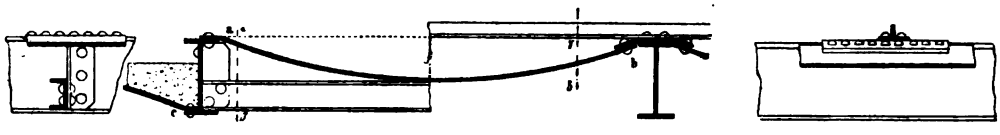
Selten im Hochbau[298]), jedoch ſehr häufig im Brückenbau iſt die Decke aus Tonnenblechen (Fig. 377) auf eiſernen Trägern, für welche hier kurz die wichtigſten Geſichtspunkte angegeben werden ſollen. Die Bleche werden bis zu 4 qm Gröſse bei den verſchiedenſten Längen- und Breitenverhältniſſen und gewöhnlich 4 bis 10 mm Stärke mit $^1/_8$ bis $^1/_{12}$ Pfeil, und zwar meiſt nach unten gebogen, verwendet. Be-

Fig. 376.



ſonders wichtig iſt hier wieder die Lagerung auf den Trägern. Dieſe wird meiſt mittels umgebogenen Randes der Tafel nach *a* in Fig. 377 ausgeführt, wobei aber das Umbiegen des Randes unbeqeum und die Lochung der Träger unvorteilhaft iſt; beſonders muſs man ſich vor Befeſtigungen, wie in Fig. 378 hüten, weil dabei der

Fig. 377.



Zug der Platten die L-Eiſen von der Trägerwand abbiegt; in ſolchen Fällen müſſen die L-Eiſen erſt durch eine durchgehende Kopfplatte verbunden werden, wie ſie bei *b* in Fig. 377 dargeſtellt iſt. Sie vermeidet das Umbiegen der Plattenränder und braucht nicht mit den Trägern vernietet zu ſein, beſeitigt ſomit die Schwächung gewalzter Träger, wie ſie bei *a* in Fig. 377 eintrat. Die Stärke der Kopfplatte wähle man etwas gröſser, als die der Bleche. Beſondere Sorgfalt verlangt auch die Nietung der ſchwachen Bleche; ſie muſs zur Vermeidung zu groſser Lochlaibungspreſſungen in enger Teilung, mit Nieten von 10 bis 15 mm Durchmeſſer, erfolgen. Da die unbelaſtete Oeffnung hier nur einen ſehr geringen Gegenzug zur Entlaſtung der Träger vom Zuge der belaſteten liefert, ſo müſſen zahlreiche Steifen zwiſchen die Träger eingeſetzt werden. Am unmittelbarſten erfolgt die Aufhebung der Züge durch Aufnieten der Steifen auf die Kopfplatte mit unten verſenkten Nieten (*b* in Fig. 377); kann man dieſe Steifen jedoch der Fuſsbodenkonſtruktion wegen nicht anbringen, ſo müſſen ſie (*a* in Fig. 377) unter die Bleche geſetzt werden, können auch aus T-Eiſen gebildet, gekrümmt unter die Bleche genietet und dann zur Verlaſchung der Plattenſtöſse benutzt werden.

Fig. 378.

[298]) Siehe: Decke des Güterbahnhofes St. Pancras der Midland-Eiſenbahn, London. Organ f. d. Fortſchr. d. Eiſenbahnw. 1888, S. 92, 157.

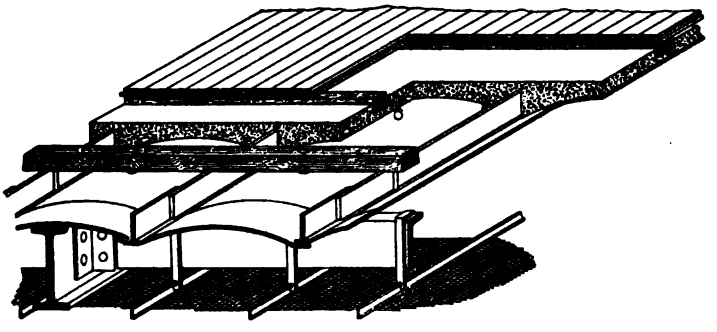
Digitized by Google

Werden die Bleche mit Beton überdeckt, ſo niete man kleine L-Eiſen mit aufrecht ſtehendem, in den Beton greifendem Schenkel auf den Plattenrand; die Druckfeſtigkeit der zwiſchen dieſen Winkelſchenkeln gefaſsten Betonplatte hebt den Zug der Tonnenbleche in jedem Balkenfache für jede Belaſtungsart unmittelbar auf, ſo daſs für die Träger bei allen möglichen Belaſtungen nur lotrechte Kräfte aufzunehmen bleiben und beſondere eiſerne Abſteifungen überflüſſig werden.

Die Wölbung der Bleche nach oben zu legen (*c* in Fig. 377), iſt zwar für die Auflagerung auf die Träger günſtig, in welcher man ſo die Nietung ganz entbehren kann, wenn der Rand gut am Stege anliegt; da aber die leicht verbiegbaren Bleche in dieſer Lage namentlich der zum Scheitel unſymmetriſchen Belaſtung nur ſchlecht widerſtehen, ſo müſſen ſie jedenfalls durch Betonüberbettung verſteift ſein. Dieſe ſteife Ueberbettung kann dann, wie bei den Wellblechbogen, zur Verſchwächung der Trägerverankerung ausgenutzt werden.

Eine Ausführungsform einer Tonnenblechdecke mit nach oben gewölbten Blechen führt *Theo Kandeler* in Chicago unter dem Namen »Chicagodecke« [299]) ein, eine Konſtruktion, in welcher magerer Beton in dünner Lage nur zur Erzielung von Feuerſicherheit verwendet wird (Fig. 379). Die Blechdecke wird an den miteinander unmittelbar vernieteten Rändern der Tonnenbleche durch hochkantſtehende Bandeiſen verſtärkt. Dieſe Decke wird in Abſchnitten von 3 m Länge und 1,50 m Breite fertig genietet angeliefert und loſe auf den Roſt von Unterzügen und Trägern gelagert. In das Bett von Magerbeton werden die ſchwalbenſchwanzförmigen, auf die Flacheiſenrippen gebolzten Lagerhölzer eingebettet.

Fig. 379.



Da die Betondecke nur dünn iſt, wird das ganze Gefüge bei geringem Gewichte ſehr tragfähig. Der Feuerſchutz von unten wird durch eine ſelbſtändig untergehängte Decke hergeſtellt. Wird der eingeſchloſſene Raum gut gelüftet, ſo kann beträchtliche Widerſtandsfähigkeit gegen Feuer erzielt werden.

Zum Schutze gegen Roſten werden die Tonnenbleche meiſt verzinkt, mindeſtens gut angeſtrichen und aufserdem gewöhnlich mit einer dünnen Lage von weichem Aſphalt überzogen. Die Ueberdeckung erfolgt allgemein am beſten mit magerem Mörtel oder Beton, in oder auf welchem dann jeder Fufsbodenbelag befeſtigt werden kann. Deckenſchalung iſt nur mittels Anhängens an die Träger möglich.

Kann Feuchtigkeit in die Decken dringen, ſo mufs für Entwäſſerungslöcher in den Scheiteln hängender oder in den Rändern ſtehender Platten geſorgt werden; ein Mangel der nach oben gewölbten Platten iſt das Zuſammenführen des Waſſers nach den Trägern.

202. Decken mit Buckelplatten.

Noch ſeltener ſind im Hochbau die Buckelplattendecken (Fig. 380) aus *Mallet*ſchen Platten. Ihre Form iſt die eines nach der Mitte zu allmählich in eine Kugel-

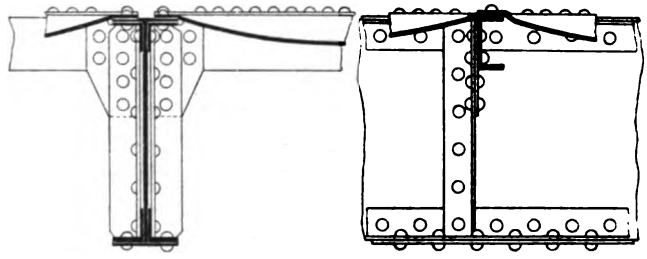
[299]) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVI (1896), S. 23.

Digitized by Google

kappe übergehenden Kloſtergewölbes. Die gebräuchlichen Einzelabmeſſungen werden in Kap. 9 mitgeteilt werden.

Die Buckelplatten werden ſtets mit wagrecht abgebogenem Rande verſehen und müſſen auf allen vier Seiten voll aufliegen und vernietet werden. Sie bedürfen daher eines Roſtes von Trägern, deſſen Maſchen ihrer Grundform genau entſprechen. In Fig. 380 iſt ein weit geſpannter Hauptträger dargeſtellt, an welchen kleine Querträger aus ⊏-Eiſen anſchlieſsen. Durch dieſe Roſtanordnung erfolgt zugleich die Ausſteifung der Träger gegen die wagrechten Züge der Platten in wirkſamſter Weiſe. Dieſe Platten widerſtehen nach oben oder unten gewölbt etwa gleich gut; die nach oben gewölbt verlegten ſchränken die Maſſe der Ueberfüllung ein, haben aber in feuchter Lage wieder den Mangel, daſs ſie das Waſſer nach den Trägern führen. Die nach unten gewölbten erhalten im Scheitel je ein Entwäſſerungsloch mit eingeſchraubtem Röhrchen, an welchem auch etwa entſtehendes Schwitzwaſſer abtropft. Unter dieſe Abzugsröhrchen iſt ein Netz von Sammelrinnen mit Abfallrohren zu legen. Selbſtverſtändlich ſind dieſe Entwäſſerungsanlagen nur bei freier Lage der Decke oder ſonſtigem erheblichem Waſſerandrange erforderlich. Auch dieſe Platten werden am beſten verzinkt, wenigſtens gut angeſtrichen und zweckmäſsig oben mit Aſphalt überzogen, damit die Randfugen gedeckt werden. Ueber Fuſsboden- und Deckenanordnung gilt das von den Tonnenblechen Geſagte.

Fig. 380.

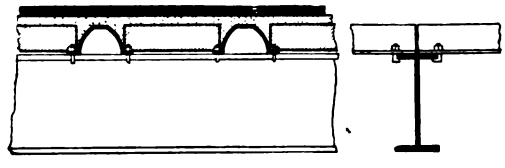


Dieſe Art der Deckenanordnung kommt jedenfalls nur in den am ſchwerſten belaſteten Gebäuden, etwa groſsen Lagerſpeichern, vor.

203. Fachausfüllung mit Belageiſen.

Sollen die Balkenfache mit Belageiſen ausgefüllt werden (Fig. 381), ſo werden letztere zweckmäſsig auf allen Trägern geſtoſsen, damit aus der Kontinuität nicht Ueberlaſtungen einzelner Träger entſtehen. Will man jedoch die Vorteile der Kontinuität für die Belageiſen ausnutzen, ſo muſs man die Träger den vergröſserten Auflagerdrücken des kontinuierlichen Belageiſens entſprechend bemeſſen. In der Regel iſt es alſo nur nötig, das Gewicht der Ueberfüllung genau zu ermitteln und nach dieſem, ſowie der Nutzlaſt die Belageiſen als Träger auf zwei Stützen zu berechnen. Für die Zwecke des Hochbaues wird es in faſt allen Fällen genügen, zur Deckung der Zwiſchenräume zwiſchen den Belageiſen quer oder höchſtens lang gelegte Flachziegel zu verwenden. Sicherer iſt die Ausfüllung mit Beton, wobei man jedoch zum Einbringen kleiner Schalungen zwiſchen den Belageiſen bedarf.

Fig. 381.



204. Decken von *Peaſe*.

Die Decke von *Peaſe* in Stockton-on-Tees für Räume mit feuergefährlichen Betrieben wird ſowohl mit Holzbalken und eiſerner Fachausfüllung (ſiehe Art. 76, S. 83), als auch ganz in Eiſen ausgeführt.

Digitized by Google

Bei Decken bis zu 30 cm Dicke beſteht das Tragwerk aus Blechtrögen, die etwa drei Viertel des vollen Cylinders bilden und mit den Rändern eingeſchobene Schwalbenſchwanzbohlen tragen (Fig. 382 links), die zur Befeſtigung des Fuſsbodens dienen. Bei gröſserer Stärke werden Bohlenbalken verwendet, zwiſchen deren untere Teile flache Blechtröge mit den aufgebogenen Rändern als Fachausfüllungen eingebolzt werden (Fig. 382 rechts). Die runden Tröge ſind noch durch zwiſchengeſetzte Paſsbohlen abgeſteift, mittels deren zugleich ein abgeſchloſſener Hohlraum zur Aufnahme von Dampf zwiſchen den Trögen entſteht. Im Falle einer Feuersbrunſt wird das ſtets in den Trögen bis zu beſtimmter Höhe gehaltene Waſſer in Dampf verwandelt, währenddem aber durch die in Kap. 7 zu beſchreibende Einrichtung ſelbſtthätig neues Waſſer eingelaſſen, ſo daſs erſt der Dampf, ſpäter friſches Waſſer die Ausbreitung des Feuers durch die Decke verhindert.

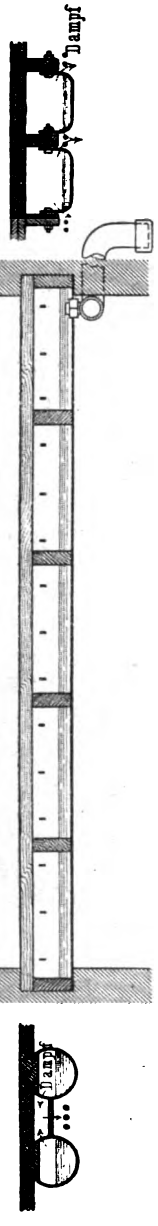


Fig. 382.

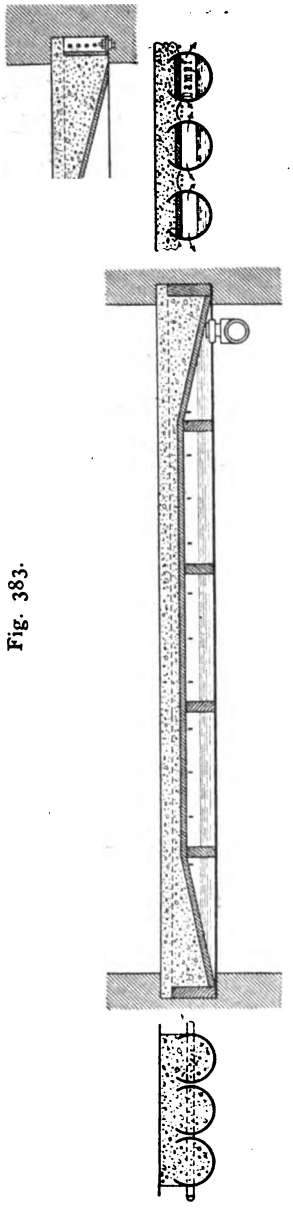


Fig. 383.

In den Konſtruktionen nach Fig. 383 iſt das Holz vermieden und durch Beton erſetzt. Bei ſehr geringer Geſamtdicke bis zu 23 cm werden die runden Blechtröge dicht aneinander gereiht und mit Beton ausgeſtampft (Fig. 383 links). Alle Tröge ſind quer von gelochten Waſſerrohren durchzogen, denen bei Feuersbrunſt im Raume mittels der in Kap. 7 zu beſchreibenden Einrichtung ſofort friſches Waſſer zugeführt wird. Dieſes kühlt die Decke.

Bei gröſserer Deckenſtärke wird die Konſtruktion in Fig. 383 rechts gewählt. Die Tröge ſind oben mit dünnen Brettern, die Zwiſchenräume mit Streifen gebogenen Bleches geſchloſſen; auf dieſen wird Beton eingeſtampft. So bleibt auch hier Platz für einen ſtändigen Waſſervorrat unter dem Beton, welcher Erhitzung zu Beginn einer Feuersbrunſt ausſchlieſst und dann ſofort ſelbſtthätig ergänzt wird.

Digitized by Google

6. Kapitel.

Herſtellung ſelbſtändiger Decken im engeren Sinne unter eiſernen Trägern und Balken.

205. Allgemeines.

Daſs die Herſtellung ebener Putzflächen, wie ſie in den meiſten Räumen verlangt werden, unter eiſernen Balken auf Schwierigkeiten ſtöſst, weil die betreffenden Bauſtoffe nicht am Eiſen haften und Befeſtigungsmittel an Eiſenflächen ſchwer anzubringen ſind, wurde mehrfach erörtert. Solche Decken haben aber nicht allein die Aufgabe, ebene obere Abſchlüſſe zur Aufnahme von Malerei und Verzierungen für die unterliegenden Räume zu bilden; ſie ſollen in der Regel auch weſentlich zum Schutze der ganzen Decke, in erſter Linie der beſonders wenig feuerbeſtändigen Eiſenbalken, gegen Feuer von unten beitragen und bedürfen dann beſonders ſorgfältiger Durchbildung und Anbringung.

Die vorhandenen Mittel zur Löſung dieſer Aufgaben ſollen hierunter zuſammengeſtellt werden, nachdem das Gleiche für Holzbalken bereits in Kap. 2 (S. 64), unter c geſchehen iſt.

206. Rillen an den Trägerunterflanſchen.

A. A. Chocarne in Paris[300]) verſieht nach den drei Muſtern in Fig. 384 die Unterflächen der Trägerunterflanſche mit Rillen, in die der Deckenputz einbinden ſoll. Das Mittel, das an ſich nicht zu den ausſichtsvollen gehört, weil nur eine

Fig. 384.

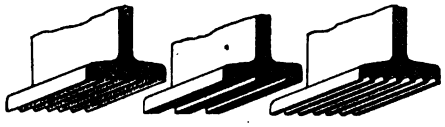


Fig. 385.

Fig. 386.

Fig. 387.

wenig verläſsliche Verbindung des Putzes mit den Trägern entſteht, dürfte auſserdem den Preis der Träger wegen der weſentlichen Erſchwerung des Walzens beträchtlich erhöhen. Es iſt denn auch nicht bekannt, daſs dieſes Mittel in beträchtlichem Umfange verwendet wäre.

207. Unterbinden von Drahtnetzſtreifen.

Ein beſſeres Mittel beſteht in dem Unterbinden von verzinkten Drahtnetzſtreifen mittels Zinkblech- oder verzinkten Drahtbügeln unter die Trägerflanſche; auch kann man die Ränder der Netzſtreifen um die Flanſchränder aufbiegen. Zwiſchen Netz und Flanſchkanten werden zwei kleine Holz- oder beſſer Eiſenleiſten mit eingebunden, damit der Putzmörtel ſicher zwiſchen Netz und Träger eindringen und ſich hinter den Netzmaſchen gut ſchlieſsen kann.

Dieſes namentlich von *W. Vollmann*[301]) in Gevelsberg ausgebildete Verfahren iſt auch nach älteren günſtigen Erfahrungen weit verbreitet.

---

[300]) D. R.-P. 78859. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1895, S. 236.

[301]) Siehe: Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 455.

Digitized by Google

Befinden ſich Fachausfüllungen in den Balkenfachen, an die man leicht mit Bindedraht anſchlieſsen kann, z. B. Mörtelplatten mit Drahteinlagen, bei denen die Drahtenden vorſtehen, ſo kann man die Ränder der Netzſtreifen auch an dieſen ſo feſt machen, daſs zwiſchen Trägerunterfläche und Netz der nötige Raum bleibt.

Als Netze können die bereits in Art. 57 (S. 67) u. 77 (S. 118) beſchriebenen Muſter verwendet werden, ebenſo auch die Drahtziegel von *Stauſs & Ruff* in Cottbus[302]), welche in Fig. 113 (S. 68) dargeſtellt ſind.

208. Gewellte und getränkte Papptafeln.

Fiſcher's Patentbautafeln (Fig. 385 bis 387[303]), durch Preſſen trapezförmig gewellte, getränkte Papptafeln, eignen ſich, etwa mit krumm geſchlagenen breitköpfigen Nägeln oder anderen Mitteln an die Trägerflanſche gehakt, zum Anbringen von Deckenputz, da ihre Geſtalt feſtes Einbinden des Mörtels ergiebt, der dann wegen der Beſtändigkeit der Platten gegen Feuchtigkeit und wegen ihrer Nachgiebigkeit gegenüber kleinen Formänderungen wenig Neigung zum Reiſsen zeigt. Die in Fig. 386 angegebenen Holzleiſten haben den Zweck, die Tragfähigkeit der Platten zu erhöhen; ſie tragen auch zur Verbeſſerung des Haftens von Nägeln bei. Die Doppelplatten in Fig. 387 ergeben offen bleibende Lufträume im Inneren der Platte und beſitzen erhöhte Tragfähigkeit.

209. Deckenputz nach *Kirchhoff*.

Kirchhoff in Ludwigshafen bringt den Putz unter Eiſenbalken nach Fig. 388 an, indem er Putzrohrabſchnitte quer unter ſeine Doppelbalken legt (ſiehe Art. 70 u. Fig. 136, S. 76), Längsdrähte darüber zieht und dieſe durch Eintreiben von Hakennägeln in die Holzeinlagen zwiſchen den Balken befeſtigt. Die Unterfläche kann dann mit der angedeuteten Betondecke eben überputzt werden. Da die Einlagen *b* aus einzelnen Abſchnitten mit offenen Zwiſchenräumen beſtehen (ſiehe Art. 70, S. 76), die nach dem Schwinden oben aufgenagelter Fuſsbodendielen mit dieſen zuſammengetrieben werden ſollen, ſo würde hierbei der Putz leicht verletzt werden. Beim Anbringen von Holzfuſsboden iſt es deshalb beſſer, in den unteren Teil des Zwiſchenraumes zwiſchen den Trägern erſt eine durchlaufende Bohle zu legen, auf der die oberen Holzabſchnitte gleiten können, ohne die den Putz haltenden Nägel mitzunehmen.

Fig. 388.

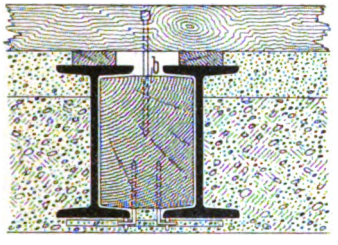
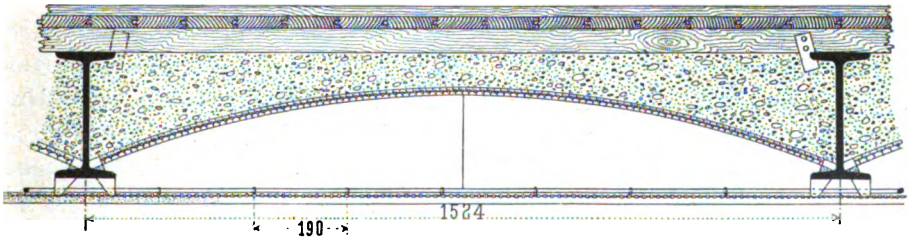


Fig. 389.



210. Decken von *Roebling* und von *Weyhe*.

Die Decke von *Roebling*[304]) ſchützt die Träger von unten völlig; ſie kann an Holz-, wie an Eiſenbalken angebracht und ohne Einrüſtung von unten hergeſtellt werden. In Fig. 389 iſt ſie für das Anbringen unter Eiſenbalken dargeſtellt.

[302]) Siehe: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 132. — Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 454.

[303]) D. R.-G.-M. 36883. — Siehe auch: Deutſche Bauz. 1894, S. 451; 1895, S. 384. — Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 12.

[304]) Erzeugt von: *John A. Roebling's Sons Co.* in Trenton N. J.

Digitized by Google

Beſondere Keilhafter (Fig. 390 u. 391 [305]) werden bei Eiſenbalken mittels Umbiegens von Drahthaken um den Unterflanſch, bei Holzbalken durch Nagelung befeſtigt. In dieſe werden Rundeiſen eingeſchoben und mit Muttern angeſpannt (Fig. 391), welche dann zum Einnähen von Drahtnetzen dienen. Der Putz wird mittels Rutſchbohlen, welche auf unter die Balken gehängten Führungsleiſten laufen, feldweiſe in das Netz geſchlagen, ſo daſs er unten gleich eben iſt. Bedingung für dieſe Herſtellungsart iſt hinreichender Zwiſchenraum zwiſchen den Netzen einerſeits und der Fachausfüllung und den Balken andererſeits, der durch ſeine Weite einen guten Feuerſchutz für die Balken liefert und mittels entſprechender Wahl der Länge der Keilhafter unter allen Umſtänden leicht genügend offen zu halten iſt.

Fig. 390.

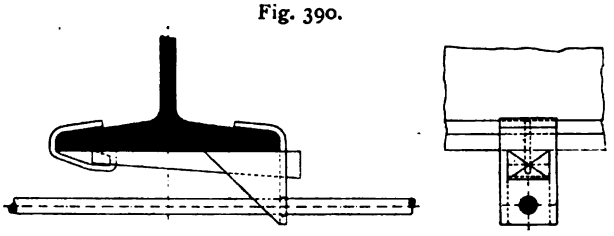
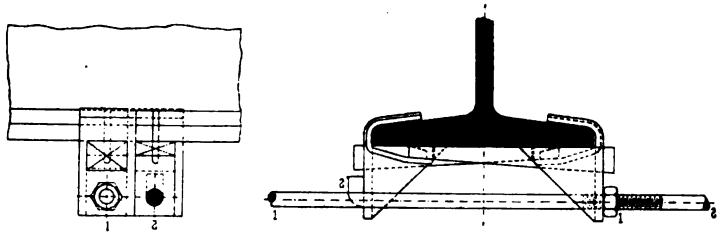
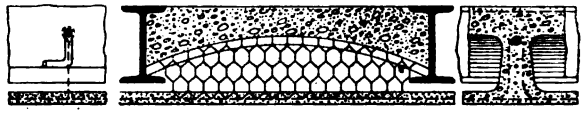


Fig. 391.



Eine ganz ähnliche ſelbſtändige Deckenbildung zeigt die Konſtruktion von *Weyhe* [306] in Bremen (Fig. 392), bei der ein wagrechtes Drahtnetz mittels lotrechter Netzwände an zwiſchen die Balken geſpannte Rundeiſenbügel gehängt und dann mit allen dieſen Teilen zugleich auf leichter Hängerüſtung eingeputzt wird, ſo daſs eine ſehr kräftige Rippenplatte entſteht.

Fig. 392.



211. Decken von *Möbers* und von *Donath*.

Bei der Rippendecke von *Möbers* (ſiehe Art. 141, S. 142 u. Fig. 280 bis 282 [307]), welche als Einlagen in eine gerippte Betonplatte hochkantig ſtehende Bandeiſen enthält, wird mittels Drahthaken ein Deckennetz an dieſe gehängt, das dann den Putz zugleich als Unterlage für den Beton aufnimmt (Fig. 393). Liegt die Fachausfüllung etwa in Bogenform höher, ſo kann die Decke gleichwohl in derſelben Weiſe mit einzelnen Flacheiſen angebracht werden, wie Fig. 394 zeigt.

Im weſentlichen dieſelbe Löſung zeigt auch die Decke von *Donath* [308], bei der wieder der in ein untergebundenes Drahtnetz gebrachte Putzmörtel die Unterlage für die Betonfachausfüllung bildet (Fig. 395).

---

305) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 323.

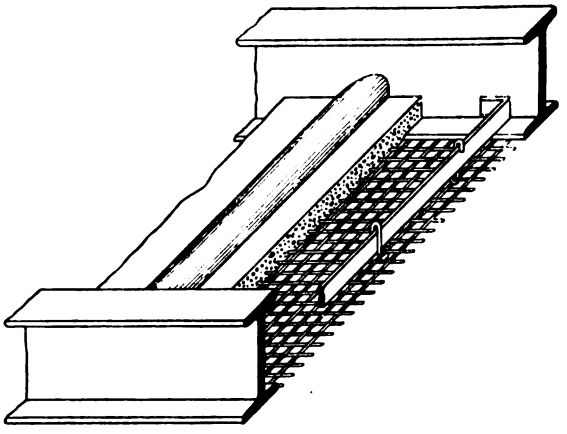
306) Siehe: Deutſche Bauz. 1895, S. 439. — D. R.-P. 81656 u. 87638.

307) Erzeugt von: *Karl Möbers & Wilhelm Wirtz* in Düſſeldorf.

308) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 49. — Schweiz. Bauz., Bd. XXX (1897), S. 145. — Zeitſchr. d. Ver. deutſcher Ing. 1897, S. 1206.

Digitized by Google

Fig. 393.



212. Decken von *Kandeler*.

Theo Kandeler[309]) in Chicago hängt unter die ⊏-Eiſenbalken ſeiner »Chicagodecke« mittels angebolzter kleiner Bandeiſen ganz kleine ⊏-Eiſen ſo tief auf (Fig. 396), daſs ſie noch erheblich unter den tiefſten Teilen des Eiſenwerkes liegen, ſchnürt Drahtnetze unter ſie und bringt den Deckenputz in letztere ein, ſo daſs erhebliche Lufträume, welche gut gelüftet werden, alle wichtigen Tragteile vor Feuer ſchützen.

213. Decken von *Katz*.

Um glatte Unterflächen von Stein- oder Betondecken zu berohren oder mit ſonſtigen Mitteln zur Anheftung des Putzes verſehen zu können, giebt *Katz* ſeinen aus Blech zuſammengebogenen Trägern die in Fig. 397 dargeſtellte Geſtalt. Beim Einbringen des Deckenkörpers werden die beiden Flanken dieſer

Fig. 394.

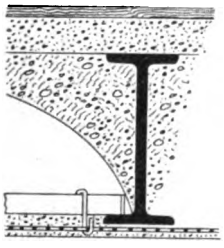
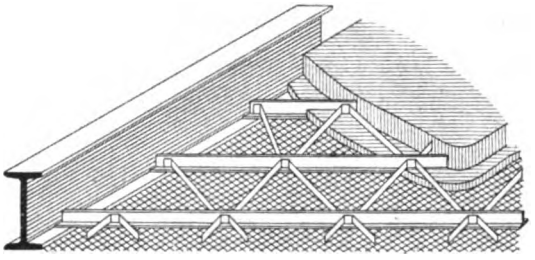
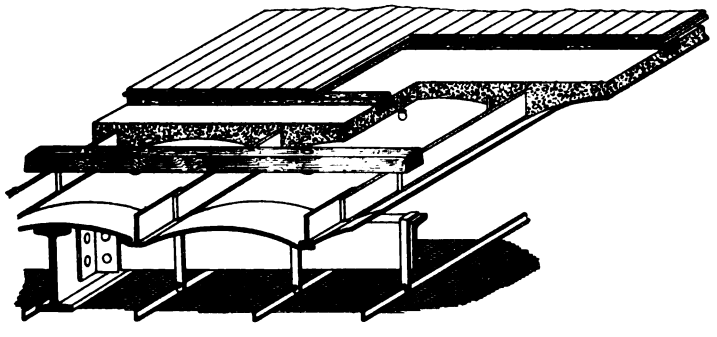


Fig. 395.



Träger feſt zuſammengepreſst, ſo daſs man nachher von unten Hakennägel in die geſchloſſene Fuge mit Gewalt hineintreiben kann, die hierauf das Heftmittel für den Putz unmittelbar oder mittels untergezogener Drähte tragen.

Fig. 396.



214. Decken von *Merrick*.

Die ſelbſtändige feuerſichere Putzdecke von *Merrick*[310]) entſteht auf folgende Weiſe (Fig. 398). In die Kämpferfuge der Fachausfüllung werden Bleche, durchlaufend oder in Abſchnitten, eingelegt, deren oberſter Rand hakenartig um die Wölbſtücke greift, ſo daſs ſie nicht nach unten herausgezogen werden können. Unten ſind die Bleche gelocht und reichen ſo tief herab, daſs durch die Lochung geſteckte, hochkantig ſtehende Flacheiſen tief genug zu liegen kommen, um als Träger für die Decke dienen zu können. Unter

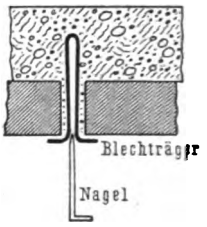
309) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXVI (1896), S. 23.

310) Erzeugt von: *Merrick fireproofing Co.* in New-York. — Siehe auch: *Engineering news*, Bd. XL (1898), S. 221.

Digitized by Google

dieſe Flacheiſen wird ein Drahtnetz gehängt. Die unter die Balkenflanſche reichenden Enden der Flacheiſen ſind um 90 Grad verdreht und tragen auf den verdrehten Enden rauhe, gebrannte Thonflieſen, welche die Balkenunterflanſche ſelbſt und mittels eines Luftraumes decken. In das Gefüge aus Flacheiſen, Netz- und Thonflieſen wird der Deckenputz auf angehängter Rutſchſchalung eingebracht.

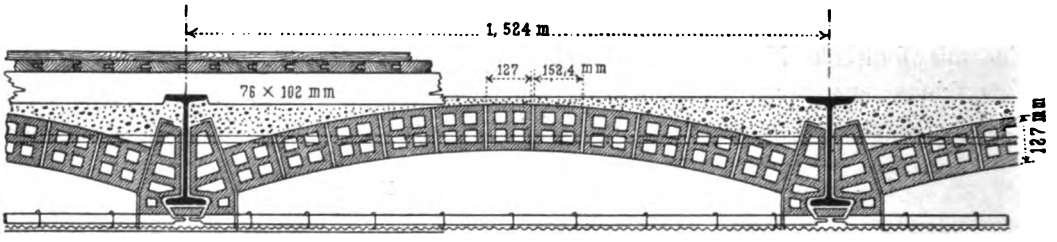
Fig. 397.



215. Terraſtdecken.

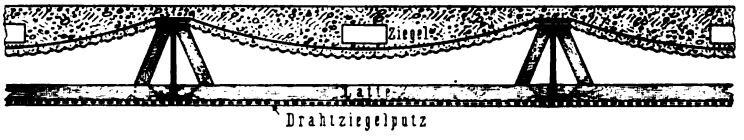
Eine ſelbſtändige Putzdecke unter Eiſenbalken führt auch die Terraſtbaugeſellſchaft in Berlin nach Fig. 399 in der Weiſe aus, daſs in weiter Teilung auf den Unterflanſchen liegende Holzlatten durch kleine Klemmſtreben gegen die oberen Flanſche abgekeilt und mit Nägeln feſt-

Fig. 398.



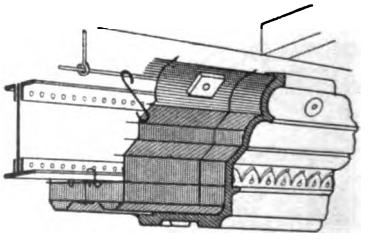
gehalten werden. Unter dieſe vereinzelten Latten wird ein Drahtgewebe gebunden oder genagelt, ſo daſs es frei unter den Trägern hängt, worauf dann die völlig

Fig. 399.



gleichmäſsige Putzung der ganzen Deckenfläche auch unter den Trägern hin erfolgen kann. Die wenigen Holzteile liegen durchaus luftig und ſind der Wirkung des Feuers, wie auch die Eiſenbalken, wirkſam entzogen.

Fig. 400.



Im übrigen wird auf die zahlreichen Deckenbildungen im engeren Sinne verwieſen, die bei der Beſprechung der Geſamtkonſtruktionen der Balkenlagen und Fachausfüllungen mit vorgeführt ſind. Hier teilen wir in Fig. 400 nur noch ein Beiſpiel der Schützung eines genieteten ſtarken Unterzuges durch eine Draht- und Putzhülle mit.

Digitized by Google

7. Kapitel.

Beeinfluſſung der Decken durch Feuer.

Wenn auch die Sicherung der Gebäude gegen Feuer ein beſonderes Kapitel dieſes »Handbuches« bildet, ſo iſt doch die Erörterung der Einwirkung des Feuers auf die Decken hier nicht ganz zu umgehen, weil dieſer Geſichtspunkt in neuerer Zeit einer der maſsgebendſten für die Konſtruktion der Decken geworden iſt.

Insbeſondere ſind hier die Erfahrungen der ſtädtiſchen Bauverwaltungen von Bedeutung, da dieſe Behörden Gelegenheit haben, ſichere Erfahrungen über die Einwirkung der Formgebung und Stoffwahl der Decken auf ihre Widerſtandsfähigkeit gegen Feuerwirkung zu ſammeln.

Bei Erörterung der Vorſchläge von *Stolz* für die Ausbildung feuerſicherer Decken aus Beton und Eiſen in Art. 129 (S. 135) ſind ſolche Erfahrungen bereits beſprochen; es iſt namentlich feſtgeſtellt, daſs vertiefte Deckenfelder die Feuerwirkung erheblich begünſtigen, daſs man alſo beſtrebt ſein ſoll, den Decken thunlichſt vollkommen ebene Unterflächen zu geben, ja ſelbſt nicht einmal die Unterzüge vorſpringen zu laſſen.

Ganz beſondere Sorgfalt wird der Frage der Widerſtandsfähigkeit der Decken ſeitens der ſtädtiſchen Bauverwaltung von New-York zugewendet, die faſt alle für Neubauten vorgeſchlagenen Deckenkonſtruktionen vor der Genehmigung einer ſcharfen Feuer- und Löſchprobe unterzieht. Die Art und Weiſe der Anſtellung dieſer Proben iſt für eine Reihe verſchiedener Decken bereits in Art. 145 u. 146 (S. 144 u. 146) angedeutet; die weſentlichen Ergebniſſe einer groſsen Zahl ſolcher Proben werden von *H. B. Seely*[311]) in den folgenden Grundſätzen für Deckenkonſtruktion zuſammengefaſst:

1) Alle der Wirkung des Feuers ausgeſetzten Teile müſſen ſich ausdehnen und zuſammenziehen können und auszubeſſern ſein, ohne daſs dabei der Fuſsboden oder die Eiſenteile weſentlich in Mitleidenſchaft gezogen werden.

2) Alle die Aufsenflächen bildenden Körper müſſen das Feuer, wie den Spritzenſtrahl ertragen; ſie müſſen ſchlechte Wärmeleiter ſein, damit das dahinter liegende Eiſen nicht erheblich erwärmt werden kann; die äuſserſte Erwärmung ſoll für Träger 150 Grad C., für Freiſtützen 315 Grad C. nicht überſteigen.

3) Die Erwärmung von Eiſenteilen ſoll gleichmäſsig erfolgen, was durch Schaffung entſprechend angeordneter Luftzüge erreicht werden kann.

Seely giebt an, daſs Fluſseiſen und Stahl auf 300 Grad C. erwärmt 10 Vom Hundert, bei 400 Grad C. Erwärmung aber ſchon 50 Vom Hundert ihrer Feſtigkeit einbüſsen.

Er führt den frühzeitigen Einſturz von Betonkappen beim Beginne von Feuersbrünſten hauptſächlich darauf zurück, daſs die dem Feuer teilweiſe ausgeſetzten Träger ſtarke Durchbiegungen annahmen und dabei die Kappen zerbrachen.

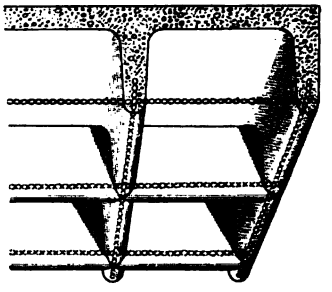
Als wirklich feuerfeſte Einhüllungen ſind nach *Seely* bloſs der gewöhnliche Backſtein und Zementputz mit Drahteinlage oder Beton mit Drahteinlage anzuſehen. Beide halten Feuer und Waſſer aus; Mäntel mit Drahteinlage können auch ſtets ſo

311) Siehe: *Engineering news*, Bd. XXXV (1896), S. 234, 250, 322.

Digitized by Google

angebracht werden, dafs ſie von den Eiſenteilen und dieſe von ihnen faſt ganz unabhängig bleiben, was bei Backſteinen ſehr viel ſchwieriger zu erreichen iſt. Er verwirft alle dünnen Thon- und Mörtelkörper, welche den Trägerflanſch oder ſonſtige Eiſenteile untergreifen und, wenn zerſtört, das Eiſen freilaſſen, darunter z. B. auch Konſtruktionen wie in Fig. 401 u. 402, obwohl hier die Trägerverankerung durch Backſteine ganz eingeſchloſſen iſt. Groſse Luftkanäle mit verhältnismäſsig ſchwachen deckenden Körpern, wie z. B. in Fig. 403 u. 404, erklärt er für wirkſam, wenn für ungeſtörte und leichte Luftbewegung in den Kanälen geſorgt wird. In dieſer Beziehung hebt er die in Fig. 405 dargeſtellte Konſtruktion als ein Mittel hervor, um Anordnungen zu ſchützen, bei denen ſonſt die Trägerunterflächen frei ſind, und die deshalb nicht als feuerſicher bezeichnet werden können.

Fig. 401.



Nach dieſen Erfahrungsergebniſſen beſitzen viele Deckenkonſtruktionen, die als feuerſicher angeprieſen werden, dieſe Eigenſchaft thatſächlich nicht.

Ein Beiſpiel einer neueren Decke in der *Manhattan-Savings Inſtitution* [312]) zu New-York, auf welche man groſse Erwartungen geſetzt hatte und die ſich ſelbſt gegenüber einem Feuer, welches durch die ſtrahlende Wärme einer Feuersbrunſt auf der anderen Straſsenſeite enſtand, nicht bewährte, zeigt Fig. 406. Das im November 1895 zerſtörte, erſt wenige Jahre vorher errichtete Gebäude hatte kaſtenförmige Unterzüge und gegen dieſe ſtoſsende I-Balken, welche auf den Unterflanſchen leichte ⊥-Eiſen trugen. In dieſe waren 76 mm dicke Platten aus gebranntem Thone gelegt, deren Unterſeite den auch die Balken unterdeckenden Putzmörtel trugen; die Kaſtenunterzüge ragten aber frei nach unten vor. Oben trugen Balken und Unterzüge nur einen doppelten Dielenfuſsboden; die Fache waren ganz leer. Die ſehr geringe Widerſtandsfähigkeit ergab ſich daraus, dafs ſich die unten erhitzten Unterzüge beim Beginne des Feuers ſtark durchbogen, die ſie unterſtützenden Wandpfeiler umwarfen oder lockerten und den Thonplattenbelag ſo weit öffneten, dafs die Hitze in den Hohlraum der Decke ungehindert eindrang und nun den Fuſsboden des oberen Geſchoſſes auf der ganzen Fläche in Brand ſetzte. So wurden in kurzer Zeit mehrere Geſchoſſe von unten nach oben zerſtört.

Fig. 402.

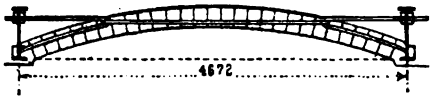
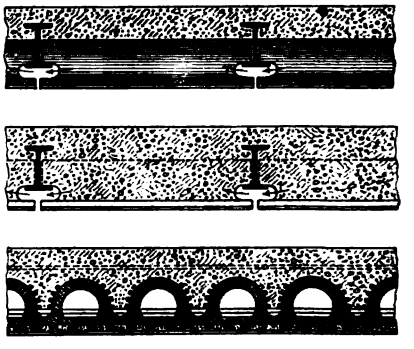


Fig. 403.



Eine Konſtruktion von Decken für beſonders feuergefährliche Räume, welche beim Ausbruche des Feuers zunächſt ſchnelle Erhitzung verhindern und dann durch ſelbſtthätige Löſchvorrichtungen geſichert werden ſoll, giebt *Peaſe* in Stockton-on-Tees an. Die aus eiſernen Blechtrögen

[312]) Siehe: *Scientific American*, Suppl. 1897—I, S. 17536. — Neuherſtellung mit Thonkaſten: *Engineering record*, 1900—I, S. 108.

Digitized by Google

als Träger gebildete Deckenkonſtruktion verſchiedener Ausführung iſt bereits in Fig. 382 u. 383 (S. 183) dargeſtellt und auf S. 182 beſchrieben.

Die in gewiſſer Höhe ſeitlich durchlochten Tröge dieſer Decken ſtehen durch Leitungen mit einem Waſſerbehälter in Verbindung, in dem der Spiegel durch ein

Fig. 404.

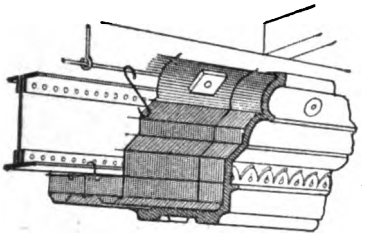
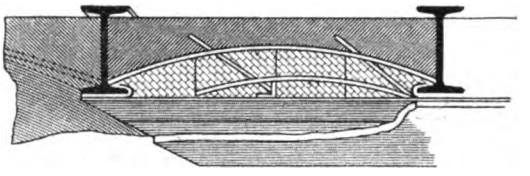
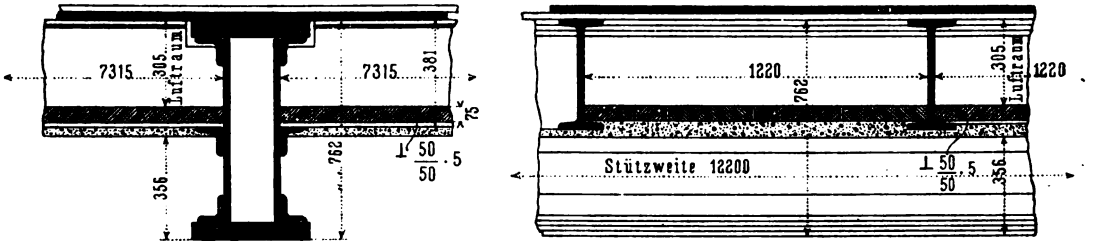


Fig. 405.



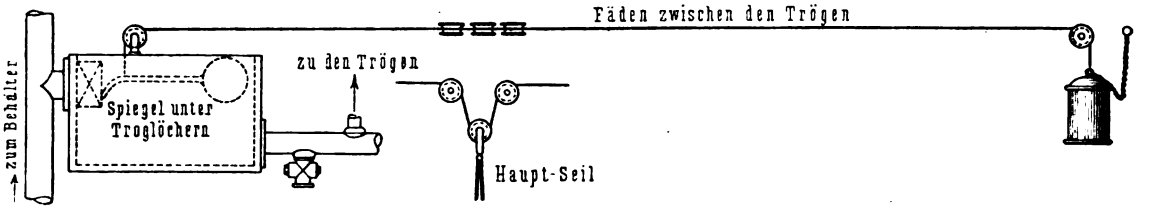
von einem Hauptſeile mit Gewicht am anderen Ende geſchloſſenes Ventil mit Gewichtshebel ſo tief gehalten wird, daſs das in die Tröge tretende Waſſer ihre Wanddurchlochungen nicht erreicht (Fig. 407). Zwiſchen den Trögen ſind in kurzen Abſtänden ſtarke, aber leicht verbrennende Schnüre gezogen, deren jede mittels zweier

Fig. 406.



feſter und einer loſen Rolle an einer Längswand durch ihre Spannung in das ſchwer verbrennliche Hauptſeil zwiſchen zwei feſten Rollen eine Schleife ſtraff nach oben aufzieht. Unter der Wirkung aller Schnüre wird das Hauptſeil ſo angezogen, daſs es das Befeſtigungskettchen des Gewichtes an einem Ende ſchlaff hebt, durch das

Fig. 407.



Gewicht Spannung erhält und ſo mit dem anderen Ende das Kaſtenventil gegen ſein eigenes Gewicht geſchloſſen hält. Entſteht ein Feuer, ſo verhindert zunächſt die geringe in der Decke enthaltene Waſſermenge das Heiſswerden; ſobald aber auch nur eine der Schnüre durchgebrannt iſt, wird das Hauptſeil von den drei Rollen ſo weit nachgelaſſen, daſs ſich erſt das Gewicht an ſeinem Kettchen aufhängt, dann der Ventilhebel niederſinkt, das Ventil öffnend und Waſſer in den Kaſten und von

Digitized by Google

da in die Tröge einlaſſend, ſo daſs neben dem Dampfe aus ihren Wandöffnungen bald ein Regen ausfließt.

Durch Schließen des Ventils und Wiederanknüpfen der Schnüre kann die Vorrichtung wieder in den Bereitſchaftſtand gebracht werden.

---

8. Kapitel.

Schutz der Balkendecken gegen Feuchtigkeit und Schalldurchläſſigkeit.

Die Schutzmittel gegen Feuchtigkeit[313]) ſollen bezüglich der Teile gleichfalls einzeln beſprochen werden, nämlich:

a) für die Ausfüllungen der Balkenfache,

b) für die Träger und Balken und

c) für die Freiſtützen.

Vom Schutze der Fußböden gegen aufſteigende Feuchtigkeit war bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abſchn. 1, A, Kap. 12, unter a, 1, γ) dieſes »Handbuches« die Rede; von den ferneren bei Fußböden notwendigen Schutzmitteln wird noch in Teil III, Band 3, Heft 3 dieſes »Handbuches« geſprochen werden.

a) Feuchtigkeitsſchutz für die Ausfüllungen der Balkenfache.

216. Wahl der Bauſtoffe.

Die Fachausfüllungen ſollen aus völlig trockenen und die Feuchtigkeit nicht aufſaugenden Stoffen hergeſtellt werden, da ſie ſonſt die Veranlaſſung zur Zerſtörung der Decke werden und ſchon vorher den Herd für die Entwickelung ſchädlicher Gaſe und Pilze bilden. Bei der Ausfüllung hölzerner Balkenfache ſollen vor allem organiſche Beimengungen vermieden werden; man hat daher auf völlige Reinheit des ſonſt gut zu dieſem Zwecke zu verwendenden Bauſchuttes von Holzſpänen, Zeugreſten, Papierſtücken, Stroh u. dergl., ſowie auf vollſtändige Fernhaltung von Humus aus Sandfüllungen zu achten. Füllungen aus Sägeſpänen, Torfgruſs, Moos u. dergl. ſind, abgeſehen von ihrer großen Feuergefährlichkeit, völlig trocken und nur da zu verwenden, wo ſie auch dauernd keiner Feuchtigkeit ausgeſetzt ſind. Daſs Kieſelgur die trockenſte Füllung abgiebt, wurde ſchon in Art. 28 (S. 44) beſprochen.

Bei an ſich feucht liegenden Decken ſind namentlich die Füllungen aus Gips und Gipsbeton, ſowie aus hohlen Gipsblöcken nach franzöſiſchen Muſtern unzuläſſig, weil der Gips ſich im Waſſer leicht löſt. Für derartige Fälle empfehlen ſich ganz beſonders Ausfüllungen aus Hohlziegeln, hohlen Thonkaſten oder hohlen Zementdielen, deren Kanäle man zur Lüftung der Decke benutzen kann, wenn man ſie mit nach außen gehenden Luftlöchern verſieht.

Eine Reihe der neueren Zwiſchendeckenkonſtruktion ſind in erſter Linie mit Rückſicht auf völlige Trockenheit durchgebildet, ſo die Korkſteine, Gipsdielen und Spreutafeln, welche infolge ihrer Zuſammenſetzung an ſich waſſerbeſtändig ſind und durch die vielen Hohlräume gute Gelegenheit zum Verdunſten etwa eingedrungener Feuchtigkeit geben.

---

[313]) Siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1 (S. 410 ff.; 2. Aufl., S. 388 ff.) dieſes »Handbuches«.

Digitized by Google

217. Mittel gegen das Eindringen der Feuchtigkeit.

Als Mittel, um das Eindringen von Feuchtigkeit in die Fachausfüllung überhaupt zu verhindern, empfiehlt ſich die waſſerdichte Herſtellung des Fuſsbodens durch Beläge oder Kalfatern; die wegen Verhinderung des Aufſteigens von Staub durch die Fuſsbodenfugen zu empfehlende Abdeckung der Fachausfüllung mit Dachpappe kann die hier geſtellte Aufgabe nur unvollkommen löſen, da die einmal durch den Fuſsboden gedrungene Feuchtigkeit nur langſam verdunſtet und ſchlieſslich auch den Weg durch die Dachpappe finden wird.

Ein wirkſames Mittel zur Trockenlegung und Warmhaltung von Decken, auch ſonſtiger Bauteile, ſind *Fiſcher*'s Patentfalzbautafeln[314]) »Kosmos« (Fig. 408 bis 411). Sie beſtehen aus ſchwalbenſchwanzförmig gewellten Dachpapptafeln, bilden

Fig. 408.

Fig. 409.

Fig. 410.

Fig. 411.

eine luftige und hinreichend tragfähige Unterlage, z. B. für Lagerhölzer auf feuchter Unterſtützung, für Balken in Balkenkammern, für Dielen auf Balken u. ſ. w.

Die Tafeln werden 1 m breit, 3 m lang geliefert, in kleineren Maſsen auf Beſtellung auch abgepaſst.

Um den Tafeln als Unterlage gröſsere Tragfähigkeit zu geben, werden ſie auch mit Holzeinlagen in den Falzen angefertigt (Fig. 409).

Um ebene Oberflächen zu erzielen, wird eine pulverförmige Eſtrichmaſſe nebſt Klebſtoff zu den Tafeln geliefert, die in feuchtem Zuſtande wie Mörtel nach Beſtreichen der Tafeln mit dem Klebſtoffe aufgetragen wird[315]). Dieſer Eſtrich eignet ſich jedoch wegen der Nachgiebigkeit der Pappe nur für ſehr leicht belaſtete Decken, beſſer für Dachdeckungen.

Fig. 412.

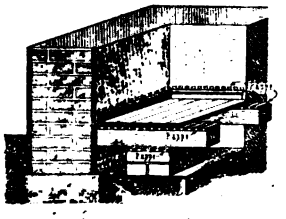
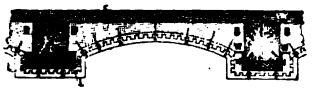


Fig. 413.



Zwei Verwendungsbeiſpiele ſolcher »Kosmos«-Bautafeln zeigen Fig. 412 u. 413. In Fig. 412 iſt ein nicht unterkellerter Fuſsboden eines Erdgeſchoſſes dadurch trockengelegt, daſs zunächſt zwiſchen die Lagerhölzer und ihre Untermauerung, dann wieder zwiſchen den Fuſsboden und die Lagerhölzer Kosmostafeln eingelegt ſind, und ſo das Aufſteigen von Feuchtigkeit an zwei Stellen unmöglich gemacht iſt. Fig. 413 zeigt den Abſchluſs eines feuchten Raumes gegen eine darüber liegende hölzerne Balkenlage. In die Fache ſind die Lehrhölzer *B* mittels der Leiſten *L* eingeſetzt, ſo daſs

314) Erzeugt von: *A. W. Andernach* in Beuel a. Rh., Falz-Baupappen-Fabrik in Rawitſch. — D. R.-P. 72880. — D. R.-G.-M. 15081. — Siehe auch: Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 132. — Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 455.

315) Vergl. auch »Papyrolith« von *Otto Krauer* in Einſiedel bei Chemnitz. — Haarmann's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1897, S. 131.

Digitized by Google

immer eine Lehre mit der Fuge der unterzunagelnden Bautafel zuſammentrifft und ihren Stoſs vermittelt; ſonſt iſt die Teilung der Lehren 25 cm. Rechts ſind die Leiſten *L* durch angebolzte Winkeleiſen erſetzt. Man ſieht, wie der Putz mit Schwalbenſchwanzleiſten in die Pappe greift, und daſs die Pappe an der Oberſeite erhebliche Luftkanäle am Holze freiläſst, ſo daſs dieſes gegen Näſſe und Feuer gut geſchützt wird.

218. Beläge und Anſtrichmittel.

Als Beläge und Anſtrichmittel zum Trockenlegen von Decken und als Mittel gegen Schwammbildung werden angezeigt:

Pinol von *H. Guerdan & Co.* in Rorſchach, ohne weiteres mit kaltem Waſſer verdünnt aufzuſtreichen;

Kautſchukleim, auch auf Papier geſtrichen, geliefert von *Buſſe*, Chemiſche Fabrik in Hannover-Linden;

Mycelicid, geruchloſes Carbolineum, von *R. Fretzdorf & Co.* in Berlin;

Aſphalt-Iſolierplatten der Theerproducte-Fabrik »Biebrich« *Stephan Mattar* in Biebrich;

Schmiegſame Aſphalt-Iſolir-Platten von *A. W. Andernach* in Beuel a. Rh.;

Pachytekt-Aſphaltplatten von *C. F. Beer Söhne* in Köln a. Rh.;

Aſphalt-Iſolirplatten von *C. P. Schunck* in Mülheim a. Rh.;

Abſonderungsplatten der Lobſaun-Aſphalt-Geſellſchaft in Sulz unterm Wald;

Torgament, trockener, feuerſicherer Belag von *F. Lehmann & Co.* in Leipzig;

Papyrolith von *Otto Crauer* in Einſiedel.

In die Fachausfüllung gebettete Eiſenteile werden, wenn nicht jedes Eindringen von Feuchtigkeit mit völliger Sicherheit ausgeſchloſſen iſt, angeſtrichen, geteert oder am beſten verzinkt, da in feuchten Fachausfüllungen ein ganz auſserordentlich ſtarkes Roſten ſtattfindet, namentlich wenn es durch ſauere Beimengungen der Ausfüllung, wie bei Kohlenaſche, unreinem Bauſchutte, befördert wird.

Beſonders wichtig iſt die Sicherung dünner Bleche, alſo der Wellblech-, Tonnenblech- und Buckelplattendecken. Dieſe Teile ſollen, nachdem ſie vollkommen fertig für das Verlegen vorbereitet ſind, verzinkt werden, und wenn die Verzinkung durch die Verlegungsarbeiten, z. B. durch Nieten, verletzt wird, ſo ſollen die verletzten Stellen durch Aufträufeln flüſſigen Lotes geſichert werden. Ferner iſt es zweckmäſsig, dieſe Blechkörper über der Verzinkung noch mit einem dünnen Ueberzuge von weichem Aſphalt oder Aſphaltlack, heiſs aufgetragen, oder mit Oelfarbenanſtrich zu verſehen. Dieſer Ueberzug giebt zugleich das beſte Mittel ab, die Nietungen und Fugen in den Auflagerungen auf den Trägern zu decken und ſo mit Gefälle zu verſehen, daſs das Waſſer von hier leicht und ſchnell nach den Entwäſſerungsſtellen laufen kann.

Die Entwäſſerungsſtellen ſind bei hängenden Buckelplatten die Scheitel, in welche Entwäſſerungsröhrchen vor dem Verzinken eingeſchraubt werden, bei nach oben gewölbten Buckelplatten die vier Ecken, welche aber dicht an den Nähten und den Trägern liegen und viermal ſo viele Löcher erfordern; daher iſt dieſe Anordnung überall da mangelhaft, wo erheblichere Mengen Feuchtigkeit zu erwarten ſind, und es iſt dann eine ganz beſonders ſorgfältige Entwäſſerungsanlage nach den Ecklöchern mittels Aſphaltſchichten mit möglichſt ſtarkem Gefälle nötig.

Tonnenbleche hängen ſtets nach unten, müſſen alſo im Scheitel entwäſſert werden. Um Längsgefälle des Scheitels nach beſtimmten Entwäſſerungspunkten zu erhalten, bilde man die Tonnenbleche aus etwas trapezförmigen Blechen, ſo daſs ſie zwiſchen die parallelen Träger gebracht, an einem Ende ſtärkeren Pfeil als am anderen erhalten. In die tiefſten Punkte werden auch hier vor dem Verzinken Entwäſſerungsröhrchen eingeſetzt. Laſchen auf der Innenſeite der Bleche ſind nur in

Digitized by Google

den höchſten Punkten dieſer Entwäſſerung zuläſſig; ſonſt dürfen ſie nur einſeitig auſsen angebracht werden, weil ſie ſonſt kleine Dämme für die Entwäſſerung bilden würden.

Wellbleche können Gefälle nach beſtimmten Punkten erhalten, wenn man entweder die ſie tragenden Balken verſchieden hoch legt oder das Wellblech auf den Balken verſchieden hoch auffüttert. Die Ueberdeckung der Tafeln muſs mit der Gefällrichtung laufen. Beſonders wichtig iſt das völlige Vermeiden der Anbringung von Nieten oder Schrauben in den Wellenthälern, da dieſe den Waſſerabzug in den Thälern hindern und die zugehörigen Löcher gewöhnlich den erſten Angriffspunkt für den Roſt bilden.

b) Feuchtigkeitsſchutz für Träger, Balken und Lagerhölzer.

219. Hölzerne Balken und Lagerhölzer.

Hölzerne Balken und Lagerhölzer ſind diejenigen Teile der Decken, welche des ſorgſamſten Schutzes gegen Feuchtigkeit bedürfen. Von ganz beſonderer Wichtigkeit iſt die Auflagerung.

1) Bei Fachwerkwänden treten die Balkenköpfe frei zu Tage, ſind alſo mit ihrem Hirnholze dem Wetter ausgeſetzt. Als Schutzmittel werden hier verwendet:

α) Ueberhängende Geſtaltung der Balkenköpfe, welche oben mit ſtark geneigtem Waſſerſchlage, darunter Waſſernaſe, beginnt.

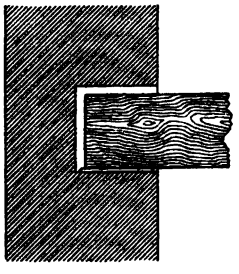
β) Benageln mit Blechkappen. Dabei ſoll das Blech nicht unmittelbar auf dem Hirnholze liegen, damit ſich das Waſſer nicht zwiſchen Blech und Holz feſtſaugt, das Holz nun dauernd anfeuchtend.

γ) Benageln mit Hirnbrettern. Auch hier ſollen zwiſchen die Balken und die Hirnbretter Luftklötze gebracht werden, damit die Luft die Poren des Hirnholzes frei umſpülen kann; der ſo entſtandene Zwiſchenraum wird nach oben durch ein Schutzbrett mit Waſſerſchlag geſchloſſen.

δ) Beſtreichen der Hirnenden mit Teer oder ſonſtigen waſſerdichten Decken iſt bedenklich, weil man in ſolcher Weiſe leicht die Feuchtigkeit im Balken einſchlieſst und dieſen zum Stocken bringt.

2) Bei maſſiven Wänden läſst man die Balkenköpfe nicht bis zur Auſsenfläche durchgreifen, ſondern lagert ſie nur in die Wand, um ſie nach auſsen durch maſſive Vormauerung zu ſchützen. Da letztere aber bei den gewöhnlichen Wanddicken nur ſchwach ſein kann und dann Feuchtigkeit in groſsen Mengen durchläſst, ſo iſt auf das ſorgſamſte darauf zu halten, daſs der in der Wand liegende Balkenkopf, abgeſehen vom Unterlager, von allen Seiten von der Luft frei umſpült werden kann (Fig. 414). Vor der Hirnfläche ſoll eine wenigſtens 2 cm weite Luftkammer frei bleiben, und die an die Seiten- und Oberfläche ſtoſsenden Steine ſollen, wie auch etwaiger Wandputz, 1 cm vom Balken entfernt bleiben, erſtere wenigſtens ohne Mörtel gegen den Balken geſetzt ſein. Sehr gefährlich iſt es, die Ummauerung in Mörtel gegen den Balken zu ſetzen, weil man ſo der Luftkammer die Lüftung nimmt.

Fig. 414.



Behufs künſtlicher Lüftung der Balkenkammern wird empfohlen[316]), ein eiſernes Rohr in die Mauer zu legen, ſo daſs es alle Balkenkammern berührt, und in jeder

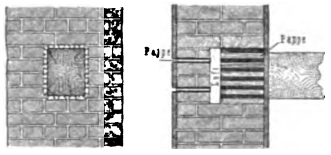
316) Siehe: Deutſche Bauz. 1890, S. 551.

Digitized by Google

einige Male anzubohren, andererſeits dieſe Rohre in ein ſtark ziehendes Lüftungs- oder Rauchrohr münden zu laſſen und ſo dauernd die Luft aus den Balkenkammern anzuſaugen.

Wirkſamer Schutz der Balkenköpfe iſt nach Fig. 415 mittels *Fiſcher*'s »Kosmos«-Bautafeln zu erreichen, welche, an ſich waſſerdicht, den Balkenkopf auch noch mit zahlreichen Hohlräumen ſogar im Unterlager umgeben; in Fig. 415 iſt zugleich eine Lüftung der Balkenkammer nach aufsen angegeben.

Fig. 415.



Zweckmäſsig iſt auch die Auflagerung auf eine waſſerdichte Zwiſchenlage, Blech, Zement- oder Aſphaltlage, Dachpappe, Dachfilz u. dergl. und das Auskleiden der ganzen Balkenkammer mit einem Teer- oder Pechanſtriche oder einer Aſphaltlage. Unzuläſſig iſt auch hier das waſſerdichte Beſtreichen des Balkenkopfes; dagegen iſt in gefährlicher feuchter und dumpfer Lage das Tränken der ganzen Balken mit fäulnishindernden Stoffen ſehr zu empfehlen.

Werden die Balken vor der Wand aufgelagert (Fig. 416 u. 417), ſo ergiebt ſich die Lüftung der Köpfe von ſelbſt; hier bedarf höchſtens das Lager auf Stein eines Schutzes gegen aufſteigende Feuchtigkeit.

Fig. 416.

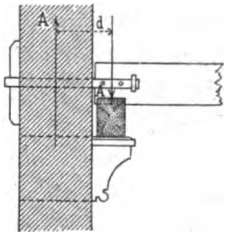
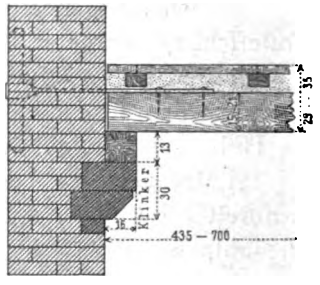


Fig. 417.

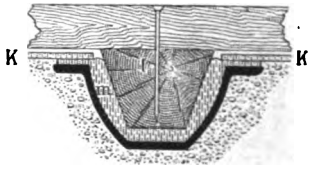


3) Zwiſchenwände werden von den Balken ganz durchdrungen; hier ſoll auch trockene Ummauerung oder ein Luftraum um den Balken und nötigenfalls Waſſerſchutz des Lagers verwendet werden.

Die aufſteigende Mauerfeuchtigkeit iſt namentlich bei tiefer Lage der Balken zu fürchten, weshalb beſonderer Schutz der Lagerflächen in Balkenkellern, ſowie der über nicht ganz trockenen Kellerkappen eingebetteten Lagerhölzer die Regel bilden ſollte.

Eine auch unter ungünſtigen Verhältniſſen völlig gegen Feuchtigkeit geſicherte Fuſsbodenlagerung in ſchlechter Bettung nach *Klette*[317]) iſt in Fig. 418 dargeſtellt.

Fig. 418.



In gut angeſtrichene Belageiſen Nr. 6, welche in die Bettung gelegt ſind, lagert man trapezförmige Holzlager *l* ſo ein, daſs ſie nach oben etwas gegen die Belageiſen vorſtehen, indem man ſie in eine Füllung *m* aus heiſsem, weichem Guſsaſphalt eindrückt; den vorquellenden Aſphalt ſtreicht man über den Flanſchen der Belageiſen aus und drückt in den thunlichſt noch weichen Aſphalt eine die ganze Bettung abdeckende Lage *k* von Aſphaltfilz ein, deren Ränder gegen die Aſphaltfüllung *m* noch durch einen heiſsen Anſtrich aus Pech und Erdharz abgedichtet werden. Die auf die Holzlager genagelten Bretter liegen auf der Lage *k* von Aſphaltfilz nicht völlig auf, ſo daſs noch eine dünne abſondernde Luftſchicht überbleibt. Die Ränder des Fuſsbodens werden gegen die unter den hier gedachten Verhältniſſen wohl auch feuchten Wände mittels Aſphaltfuge abgeſondert, und ſo ruhen alle Holzteile in einem für die Feuchtigkeit vollkommen undurchdringlichen Bette.

Auch die in Fig. 412 dargeſtellte Abſonderung durch Einlagen von »Kosmos«-Bautafeln bildet ein für dieſen Zweck wirkſames Mittel.

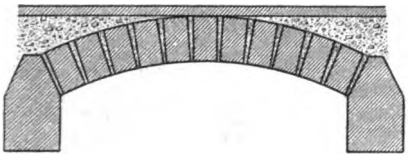
317) D. R.-P. Nr. 31263 u. 36769.

Digitized by Google

Die Holzbalken ſollen auf ihre ganze Länge thunlichſt trocken und luftig liegen; hieraus hauptſächlich erklärt ſich das oben geſtellte Verlangen nach reiner, trockener und poriger Ausfüllung der Balkenfache. Hat man vollkommen befriedigenden Füllſtoff nicht zur Verfügung, ſo iſt das Anſtreichen der vier Balkenſeiten mit Holzteer oder Carbolineum zu empfehlen. Bei Balkenlagen des nicht unterkellerten Erdgeſchoſſes muſs aus gleichem Grunde ein $0{,}80^{\,m}$ bis $1{,}00^{\,m}$ hoher, durch die Grundmauern nach aufsen gelüfteter Hohlraum unter der Balkenlage geſchaffen werden; in den Erdboden gelagerte Balken faulen ohne beſondere Vorſichtsmaſsregeln nach ganz kurzer Zeit. Auch bei Balkenkellern muſs wegen des vergleichsweiſe hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Kellerluft für dauernde Lüftung geſorgt werden.

Unſorgfältige Behandlung der Balkenlagerung bildet meiſt den Grund zur Entwickelung des Hausſchwammes[318]), deſſen Beſeitigung nach dem einmal eingetretenen Entſtehen ſicher nur durch völligen Umbau der angegriffenen Teile zu erreichen iſt. Der ſicherſte Schutz iſt das Vorbeugen durch trockene luftige Lagerung; daher iſt auch die maſſive Auswölbung der Balkenfache nach Fig. 419 nicht zu empfehlen.

Fig. 419.



220. Eiſerne Träger.

Eiſerne Träger ſind den Einflüſſen der Feuchtigkeit nicht in dem Maſse unterworfen wie Holzbalken und ſollen daher an ungünſtigen Stellen dieſe erſetzen. Sie ſind jedoch vor Roſt durch waſſerdichten Anſtrich zu ſchützen, welcher am beſten aus einer Deckung mit heiſsem Leinöl in der Fabrik, einem Grundanſtriche mit Bleimennige nach der Abnahme, einem zweiten nach dem Verlegen und einem doppelten oder dreifachen Oelfarbenanſtriche nach Fertigſtellung der Eiſenkonſtruktion beſteht. Jedem Anſtriche muſs gründliche Reinigung vorangehen. In völlig geſicherter Lage unterbleibt der Anſtrich. Da, wo die Träger dauernd der Feuchtigkeit ausgeſetzt ſind, z. B. in mit Dämpfen gefüllten Räumen, iſt dieſer Schutz meiſt ungenügend; die Träger ſollen dann verzinkt werden, ein Verfahren, das von vielen Fabriken jetzt bis zu $10^{\,m}$ Stücklänge ausgeführt wird. Die Verzinkung ſoll als letzte vorbereitende Arbeit vorgenommen werden, damit etwaige Nietungen, Lochungen u. dergl. den Zinküberzug mit erhalten. Hier mag noch das bei Maſchinenteilen ſchon vielfach verwendete Verfahren von *Bower-Barff*[319]) erwähnt werden, nach welchem durch Zuführen von Waſſerdampf und heiſser Luft zu dem in einem Ofen erhitzten Eiſen eine feſthaftende und weitere Oxydation ausſchliefsende Schicht von Magnetoxydul (Fe_4O_3) auf der Oberfläche gebildet wird. Die bisherigen Erfahrungen laſſen dasſelbe auch für nicht weiter zu bearbeitende ſchwere eiſerne Bauteile geeignet erſcheinen; doch iſt das Verfahren für lange Teile bislang wegen zu hoher Koſten ausgeſchloſſen.

221. Eiſenteile in Zement gelagert.

Bezüglich der ganz in Zementmörtel oder Zementbeton eingelagerten Eiſenteile, z. B. der Träger in Decken aus Zementbeton oder Zementmauerwerk, iſt die Beobachtung gemacht worden, daſs ſie ſelbſt in etwas feuchter Lage vor dem Roſten geſchützt ſind, wahrſcheinlich weil ſich das Roſten hindernde Verbindungen des Eiſens mit den Beſtandteilen des Zements, insbeſondere der Kieſelſäure, auf der

318) Siehe: Teil I, Bd. 1, erſte Hälfte (Art. 147 [S. 176]; 2. Aufl.: Art. 214 [S. 210]) dieſes »Handbuches« — ferner: Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 297 — endlich: Deutſche Bauz. 1888, S. 115.

319) Siehe: Teil I, Bd. 1, erſte Hälfte (Art. 209 [S. 205]; 2. Aufl.: Art. 299 [S. 261]) dieſes »Handbuches« — ferner: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1883, S. 141.

Digitized by Google

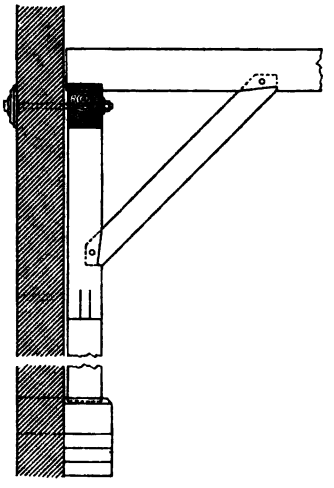
Eiſenoberfläche bilden. Dieſe Erſcheinung iſt beſonders wichtig für die Eiſenteile der Verbundkörper. Man hat kein Bedenken getragen, eiſerne Träger ſelbſt dann in Beton vollkommen unzugänglich einzubetten, wenn ſie auch nach ihrer Lage dauernd der Feuchtigkeit ausgeſetzt ſind; ja man hat bei bedeutenden Bauwerken in dieſer vollſtändigen Einbettung das beſte Mittel zum Schutze unangeſtrichener und nicht verzinkter Eiſenteile vor dem Roſte erkannt[320]).

c) Feuchtigkeitsſchutz für die Freiſtützen.

222. Hölzerne Freiſtützen.

Freiſtützen bedürfen eines Schutzes gegen Feuchtigkeit vorwiegend, wenn ſie aus Holz beſtehen. Kann ein erhebliches Maſs von Feuchtigkeit den Stützenfuſs erreichen, ſo iſt die Verwendung von Holz ausgeſchloſſen. Da die Stützen meiſt ſteinerne Sockel erhalten, ſo ſind ſie der Einwirkung der im Mauerwerke ſtets enthaltenen Feuchtigkeit immer ausgeſetzt, und zwar mit der unteren Hirnfläche, welche dafür beſonders empfindlich iſt. Man ſoll daher die Stützen nur unter günſtigſten Verhältniſſen unmittelbar auf den Stein ſetzen; im allgemeinen ſoll eine Zwiſchenlage zwiſchen beide gebracht werden, welche am beſten aus einer Kupfer- oder Bleiplatte, weniger gut aus Dachpappe oder einem kurzen Stücke Querholz beſteht.

Fig. 420.



Im Freien muſs man für ſchnellen Abfluſs des Tagewaſſers vom Fuſse ſorgen, daher die unterliegenden Steine vom Umfange des Holzes aus ſtark abſchrägen und die Stütze nicht, wie es ſonſt die Regel bildet, in eine Vertiefung des ſteinernen Unterbaues ſtellen oder ſie mit dieſem verdollen, wie dies für geſchützte Lage z. B. in Fig. 420 dargeſtellt iſt.

223. Eiſerne Freiſtützen.

Hohle eiſerne Stützen können vom Waſſer gefährdet werden, wenn ſie, dem Froſte ausgeſetzt, als Abfallrohre benutzt oder ſo angeordnet ſind, daſs unbeabſichtigter Weiſe Waſſer hineingelangen kann. Die Benutzung als Abfallrohr iſt nicht zu empfehlen; läſst ſie ſich nicht umgehen, ſo ſetze man ein beſonderes, wo möglich guſseiſernes Abfallrohr in die Stütze, laſſe dieſe unten völlig offen und durchbohre ihre Wandungen mit kleinen Löchern in nicht zu weiten Abſtänden, um bei etwaiger Undichtigkeit dem Waſſer ſchnellen Abfluſs und etwa ſich bildendem Eiſe Gelegenheit zur Ausdehnung zu geben, da letzteres anderenfalls die Säule zerſprengt. Auch wenn keine Waſſerabführung durch die Säule geht, bohre man Entwäſſerungslöcher ſo ein, daſs zufällig, z. B. während des Baues, hineingelangendes Waſſer freien Abfluſs findet[321]).

d) Schutzmittel gegen Schalldurchläſſigkeit.

224. Hellhörigkeit.

In den meiſten Fällen iſt die Verbreitung und Fortpflanzung des Schalles, die »Hellhörigkeit« der Decken, ſtörend; am läſtigſten dürfte ſie wohl in Wohnhäuſern ſein, wenn die verſchiedenen Geſchoſſe von verſchiedenen Familien bewohnt werden.

Bereits in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abſchn. 1, A, Kap. 10, unter g) dieſes »Handbuches« — bei Beſprechung der Schalldurchläſſigkeit von Wänden —

320) Siehe: M. am Ende. *Agricultural hall, London. Engineer*, Bd. 62, S. 399.

321) Siehe: Deutſche Bauz. 1890, S. 608.

Digitized by Google

wurde geſagt, daſs in der fraglichen Richtung verhältnismäſsig wenige Erfahrungen vorliegen; die Phyſik hat ſich mit der Prüfung der Stoffe auf ihre Schalldurchläſſigkeit noch wenig beſchäftigt.

Aeuſserſt ungünſtig ſind bezüglich der Schalldurchläſſigkeit die am häufigſten angewandten hölzernen Balkendecken mit darüber befindlichem Holzfuſsboden, und unter dieſen ſind es beſonders die Balkenlagen ohne Ausfüllung der Fache, welche in dieſem Sinne am ſtörendſten ſind. Allein auch bei gewiſſen eiſernen Deckenkonſtruktionen ſind Verbreitung und Fortpflanzung des Schalles ſehr ſtark und ebenſo bei Fuſsböden, welche aus einfachen, dünnen, nicht durch unelaſtiſche Stoffe am Schwingen verhinderten Mörtelplatten beſtehen.

Soweit die vorliegenden Erfahrungen ausreichen, giebt es — abgeſehen von der Herſtellung ſehr ſchwerer und daher durch mäſsige Kräfte nicht in Schwingungen zu verſetzender Decken, wie z. B. der ganze Windelboden bei Holzbalken (ſiehe Art. 31, S. 47) oder Ausrollen mit vollen Backſteinen (ſiehe Art. 38, S. 51) — vier Hauptmittel zur Bekämpfung der Schalldurchläſſigkeit von Decken:

1) Abſonderung des Fuſsbodens von der Balkenlage,

2) Abſonderung der Decke im engeren Sinne vom Gebälke,

3) Anordnung von Hohlräumen und

4) Zuſammenſetzung voller Decken aus Lagen, welche ſich gegenſeitig die Eigenſchaft nachtönender Platten nehmen.

225. Abſonderung des Fuſsbodens von der Balkenlage.

Durch das erſte Mittel ſoll verhindert werden, daſs die Decke aus einem einzigen dichten, zuſammenhängenden Körper beſtehe; man ſoll vielmehr Fuſsboden und Balkenlage durch geeignete Stoffe voneinander abſondern. Dies kann in zweifacher Weiſe geſchehen.

α) Man lege die Fuſsbodenbretter nicht unmittelbar auf die tragenden Teile, ſondern ordne über dieſen zunächſt eine aus einer porigen Maſſe beſtehende Auffüllung an, verlege in dieſe thunlichſt ſatt beſondere Lagerhölzer und befeſtige die Fuſsbodenbretter erſt auf dieſen. Zu dieſem Zwecke iſt es notwendig, daſs man bei Holzbalkenlagen einen beſonderen Bretterzwiſchenboden herſtellt, auf dem die Auffüllung lagert. Dies kann entweder nach Art der Einſchubböden (ſiehe Art. 33, S. 48) geſchehen oder in der in Oeſterreich üblichen Konſtruktionsweiſe der Decken; dort kommt auf die Tragbalken zunächſt ein »Sturzboden« aus ungehobelten Brettern zu liegen, auf den die Auffüllung aufgebracht wird.

Für die Auffüllung empfiehlt ſich Sand oder Steinkohlenlöſch[322]). Je höher dieſe Schicht iſt, deſto günſtiger iſt die Wirkung; unter 10 cm ſollte man kaum gehen; doch wird man nur ſelten eine noch gröſsere Höhe wählen, weil ſonſt die Konſtruktionshöhe, welche die Decke in Anſpruch nimmt, eine zu bedeutende wird.

Muſter von Anordnungen der hier vorgeführten Art für die verſchiedenartigſten Deckenkonſtruktionen zeigen Fig. 61 (S. 46), 118 (S. 69), 128 (S. 73), 130 (S. 130), 145 (S. 79), 155 (S. 83), 156 (S. 86) u. 256 (S. 133).

β) Will man die eben beſchriebene, immerhin mit nicht unbedeutenden Koſten verbundene Anordnung umgehen, ſo kann man der Hellhörigkeit der Decken wohl auch dadurch begegnen, daſs man zwiſchen Fuſsbodenbrettern und Gebälkoberkante Pappdeckel, Filz, Iſolierhaarfilz u. ſ. w. anbringt. Dieſes Mittel iſt allerdings weniger wirkſam als das erſtgedachte. Eine Anordnung dieſer Art, unter vollſtändigem

322) Von den Keſſelfeuerungen herrührende Schlacken und Steinkohlenaſche, möglichſt ruſsfrei. — Vergl. hierüber auch Art. 28 (S. 44).

Digitized by Google

Wegfalle der Füllung, ift nach dem Muſter leichter amerikaniſcher Holzhäuſer in Fig. 92 (S. 57) dargeſtellt.

226. Abſonderung der Decke im engeren Sinne vom Gebälke.

Das zweite der angegebenen Hauptmittel beruht darauf, daſs man die Decke im engeren Sinne von der Balkenlage völlig abſondert, mit anderen Worten, daſs man zwiſchen beiden einen Hohlraum anordnet. Dieſe Abſonderung muſs eine vollſtändige ſein, d. h. die einzelnen Teile dieſer beiden Schichten dürfen an keiner Stelle miteinander in Zuſammenhang ſtehen; würde letzteres der Fall ſein, ſo würde der Hohlraum nicht nur nicht vorteilhaft, ſondern ſogar ſchädlich auftreten; er würde den fortgepflanzten Schall verſtärken. Aus gleichem Grunde müſſen in den Deckenkonſtruktionen überhaupt alle Hohlräume vermieden werden, welche eine gleiche Wirkung hervorbringen könnten; deshalb unterſtopfe man auch die Fuſsbodenbretter auf das ſorgfältigſte. Eine vollſtändige Abſonderung von Gebälk und Decke wird man allerdings niemals erzielen können, weil die Wände, auf denen die Decken ruhen, ſtets eine gewiſſe Verbindung dieſer beiden Schichten hervorrufen werden; man muſs deshalb dahin trachten, daſs dieſelbe möglichſt unſchädlich ſei.

Ein Verfahren, die in Rede ſtehende Abſonderung zu erzielen, wurde bereits in Art. 21 (S. 39) mitgeteilt. Dort wurde aus anderen Gründen das in Fig. 44 (S. 39) dargeſtellte Verfahren als zweckmäſsig bezeichnet, wonach die Deckenſchalung nicht an die Unterflächen der eigentlichen Tragbalken, ſondern an beſondere Fehl- oder Blindbalken genagelt wird; die Unterfläche der letzteren liegt um einige Centimeter tiefer, als jene der erſteren[323]).

Ein anderes Verfahren zu gleichem Zwecke, welches auch für eiſerne Deckenkonſtruktionen anwendbar iſt, beſteht darin, daſs man in einigem Abſtande unter dem Gebälke eine zweite, leicht ausführbare Decke, die wenig Konſtruktionshöhe in Anſpruch nimmt, anbringt. Hierzu ſind *Rabitz*- und *Monier*-Decken (ſiehe Art. 60, S. 71) beſonders geeignet, und dieſes Mittel kann auch bei ſchon beſtehenden Decken, welche ſtark ſchalldurchläſſig ſind, in Anwendung kommen.

Eine groſse Anzahl ſolcher ſelbſtändiger Deckenkonſtruktionen iſt in Kap. 6 (S. 184) erörtert.

Die Verwendung der *Rabitz*-Platte als nahezu vollſtändig unabhängigen Konſtruktionsteiles unter einer Balkenlage iſt durch Fig. 119 (S. 70) erläutert; auch die in erſter Linie aus der Rückſicht auf Feuerſicherheit hervorgegangene amerikaniſche Anordnung in Fig. 92 (S. 57) kann hier angeführt werden. Letztere kann jedoch ohne eine gewiſſe Verbindung der Decke im engeren Sinne mit den Balken durch die Nägel nicht beſtehen, und auch eine ganz ſelbſtändige dünne *Rabitz*- oder *Monier*-Decke würde des ſtarken Durchhängens wegen auf Schwierigkeiten ſtoſsen, weshalb auch ſie wenigſtens durch Hängeſchlingen aus Draht mit den Balken in Verbindung zu bringen ſein wird (ſiehe Fig. 119, S. 70). Damit die untergehängte Decke dann nicht als Schallboden wirke, decke man ſie mit einer dünnen Schicht eines ſchlechten Schallleiters (Sand, Aſche, Kieſelgur, Torfgruſs) ab (ſiehe Fig. 145 u. 146, S. 79). Auch Samenflügel ſind für dieſen Zweck empfohlen[323]); ſie werden jedoch als organiſcher Stoff und wegen ihrer Feuergefährlichkeit von anderer Seite bekämpft[324]).

227. Anordnung von Hohlräumen.

Die Anordnung von Hohlräumen in einer ſonſt vollen Decke als drittes Mittel kommt namentlich bei den aus Thon gebrannten Kaſten (Terrakotten) oder Hohlziegeln für die Fachausfüllungen nach den verſchiedenen Muſtern (ſiehe Fig. 47 [S. 40],

[323]) Vergl.: Deutſche Bauz. 1892, S. 119.

[324]) Siehe: Deutſche Bauz. 1892, S. 139.

Digitized by Google

78 bis 80 [S. 53], 181 [S. 98], 184 bis 195 [S. 101 bis 104] in Frage. Diefe Hohlräume wirken in der befprochenen Richtung weniger unmittelbar als mittelbar dadurch, dafs fie einerfeits die Fufsbodenlage von der Deckenlage in mehr oder weniger wirkfamer Weife voneinander abfondern, andererfeits die Herftellung einer fehr dicken und dabei doch nicht allzu fchweren Decke aus einem vergleichsweife fchlechten Schallleiter ermöglichen. Neben der grofsen Dicke verhindern auch die die Gleichmäfsigkeit des Gefüges ftörenden Fugen, welche die ganze Decke durchfetzen, eine Schallübertragung durch Schwingungen wie bei einem Schallboden.

228. Zufammenfetzung aus mehreren Lagen.

Das vierte Mittel, die Zufammenfetzung aus mehreren Lagen, kommt namentlich da zur Verwendung, wo die Fachausfüllungen aus plattenartigen Körpern beftehen, alfo namentlich bei den Betondecken. Platten von in fich gleichartigem Gefüge geben felbft bei ziemlicher Stärke gute Schallböden, namentlich bei grofser Feftigkeit. Man kann fchalldämpfend auf fie einwirken, wenn man fie auf die ganze Ausdehnung in innige Berührung mit einer unelaftifchen, weicheren Schicht bringt, welche das Entftehen regelmäfsiger Schwingungen verhindert. Als ein für Wohnräume häufig fchon ziemlich erfolgreiches Mittel ift hier das Belegen einer dünnen Plattendecke aus Beton mit Korkteppich aufzuführen.

In wirkfamerer Geftalt tritt diefes Mittel auf, wenn die fefte tragende und gewöhnlich ftark fchallende Platte zunächft mit einer lofen, den Schall fchlecht leitenden Schicht bedeckt wird, zu der man z. B. ganz mageren Schlackenbeton verwenden kann. Anordnungen folcher Art für verfchiedene Deckenkonftruktionen zeigen Fig. 256 bis 259 (S. 133), 197 (S. 106), 265 (S. 136). Noch wirkfamer wird diefes Mittel fein, wenn man die lofe, dumpfe Schicht auch oben wieder mit einer feften für die Fufsbodenausbildung abdeckt, da dann die gegenfeitige Störung der Schwingungen der dünnen Platten in zwei Ebenen ftattfindet. Eine derartige Ausführung ift in Fig. 262 (S. 134) angedeutet.

9. Kapitel.

Stärke der Deckenteile und -Unterftützungen.

a) Belaftungen.

Die Abmeffungen der tragenden Deckenteile hängen vom Eigengewichte der Decken und von der Gröfse der zu tragenden Nutzlaft ab.

1) Eigengewicht der Decken.

229. Eigengewicht.

Für die einfacheren Holzbalkendecken und Decken mit eifernen Trägern find die Eigengewichte in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 359, S. 318[325]) diefes »Handbuches« bereits angegeben worden; diefer Tabelle wird hier noch hinzugefügt:

Es wiegt:	Kilogr.
1 cbm Gipsbeton	1400
1 cbm Füllfand	1600
1 cbm Backfteinbeton	1700
1 cbm Kiesbeton	2200

[325]) 2. Aufl.: Art. 22, S. 17. — 3. Aufl.: Art. 23 u. 24, S. 18 u. 19.

Digitized by Google

Es wiegt:	Kilogr.
1 cbm Schlackenbeton (1 Teil Zement, 3 Teile Sand, 7 Teile Schlacke)	1000 bis 1100
1 cbm Schlackenbeton mit Weifskalk (4 : 1)	1235
1 cbm Korkfteine	300
1 qm Spreutafeln von *Katz* (fiehe Art. 43, S. 58)	50
1 cbm Tufffteln	800 bis 900
1 qm niedrige hohle Thonkaften (Terrakotten), z. B. Bauart *Laporte* (fiehe Art. 39, S. 52)	80 bis 90
1 qm hohe hohle Thonkaften, amerikanifche (fiehe Fig. 185 bis 195, S. 101 bis 104)	100 bis 220
1 cbm Afche	850
1 cbm Baufchutt	1530
1 qm Gipsdielen von *Mack* für jedes Centimeter Dicke	6,5
1 qm Thonplattenwölbung, Bauart *Guaftavino* (Fig. 157 u. 158, S. 87)	170 bis 195
1 cbm Mauerwerk aus hohlen Backfteinen	1250
1 qm hohle Gipsblöcke nach *Perrière* (fiehe Fig. 310 u. 311, S. 155)	50
1 cbm Kiefelgur, etwas feucht	450
1 cbm Kiefelgur, trocken	300
1 cbm Kalkpulver	940
1 cbm Torfftreu (Torfgrufs)	130
1 cbm Torfftreu mit etwas Kiefelgur und Kalkpulver	300
1 cbm poriger, gebrannter Thonplatten (fiehe Fig. 92, S. 57 u. Fig. 118, S. 69)	1100
1 cbm trockenes Eichenholz	750
1 cbm trockenes Kienenholz	600
1 qm Dielenbelag von Tannenholz bei *d* Centim. Dicke mit Nägeln	6,5 *d*
1 qm *Monier-* oder *Rabitz*-Platten, 1,5 cm dick	35
3 » »	75
4 » »	90
5 » »	110
1 qm in Backftein zwifchen Eifenträgern ½ Stein ftark gewölbter Decke, einfchl. Fufsbodenlager und Bretterfufsboden	375
1 qm desgl. ohne Fufsboden	325
1 qm desgl., ¼ Stein ftark, mit Fufsboden	250
1 qm desgl., ¼ Stein ftark, ohne Fufsboden	200
1 qm desgl., in Töpfen gewölbt, 10 cm Topfhöhe	93
13 » »	101
16 » »	131
18 » »	148
26 » »	196
1 qm einer 4,50 m weiten Spreutafeldecke mit Holzbalken, Fufsboden, Ausfüllung und Deckenputz, 20 cm Gefamtdicke (nach Fig 95, S. 59)	275
1 qm desgl. mit Eifenbalken, 20 cm Gefamtdicke (nach Fig. 96, S. 59 u. Fig. 298, S. 150)	200
1 qm Gipsdielendecke mit Eifenbalken von 6 m Weite mit drei Lagen Gipsdielen, 28 cm Gefamtdicke (nach Fig. 121, S. 71 und 297, S. 149)	160
1 qm Decke mit Tufffteinausrollung auf Holzbalken, 4,50 m weit, mit Fufsboden, Ausfüllung und Deckenputz (nach Fig. 74, S. 51)	350
1 qm Gipsbetondecke, einfchl. Träger und Holzfufsboden, bei 70 cm Trägerteilung, Bauarten *Vaux, Thuasne, Rouffel* (fiehe Fig. 147 u. 149, S. 80)	290
1 qm Decke mit gebogenen *Monier*-Platten, 5 cm dick, Schlackenbetonausfüllung, Fufsboden und Deckenputz (fiehe Fig. 255, S. 131), einfchl. Träger	330
1 qm Balkendecke mit Tufffteln ausgerollt, mit Fufsboden und Deckenputz	370
1 qm mit hohlen Gipsblöcken ausgefetzte Decke, einfchl. Träger und Fufsboden, bei 70 cm Trägerteilung (fiehe Fig. 175, S. 96)	240
1 qm desgl. mit Hohlziegeln ausgefetzt (fiehe Fig. 174, S. 96)	270

Digitized by Google

Es wiegt:	Kilogr.
1 qm Decke in Hohlziegeln gewölbt, einſchl. Träger und Fuſsboden (ſiehe Fig. 160, S. 98)	260
1 qm Decke mit unten ebenen Thonkaſten (ſiehe Fig. 181, S. 98, 185 u. 186, S. 101, 168, S. 93), einſchl. Träger und Fuſsboden	220
1 qm desgl., unten gewölbt (ſiehe Fig. 182, S. 99)	220

Bei ſeltener vorkommenden Deckenkonſtruktionen, für welche die Gewichte nach Erfahrung nicht feſtſtehen, ſtellt man zweckmäſsig eine genaue Gewichtsberechnung auf, indem man zuerſt den Bodenbelag und die Deckenkonſtruktion, dann die Fachausfüllung und ſchlieſslich das Tragwerk feſtſtellt, für den unten liegenden Teil jedesmal das ermittelte Gewicht des aufruhenden mit in Rechnung ſtellend. Nach dieſem Gedankengange ſollen im folgenden die einzelnen Teile der Decken ihren Abmeſſungen nach beſprochen werden.

2) Nutzlaſt.

230. Nutzlaſt.

Die Nutzlaſten, welche die Decken zu tragen haben, ſind bereits in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 359, S. 318[326]) dieſes »Handbuches« angegeben worden. Hierzu ſei noch bemerkt, daſs die Lagerhäuſer der Seehäfen jetzt in den unteren Geſchoſſen mit 1500 kg und im oberſten Geſchoſſe mit 900 kg für 1 qm Deckenfläche berechnet werden; in den zwiſchenliegenden Geſchoſſen läſst man die Belaſtung allmählich abnehmen; doch ſind vereinzelt auch ſchon Deckenlaſten von 2000 kg für 1 qm und darüber zu Grunde gelegt.

Nach einem von einem Ausſchuſſe des Architekten-Vereines zu Berlin 1885 erſtatteten Gutachten, betreffend den Schutz der Perſonen in öffentlichen Verſammlungsräumen, ſollen als Belaſtung durch Menſchengedränge für 1 qm 6 erwachſene Perſonen zu je 75 kg, zuſammen 450 kg, gerechnet werden.

b) Abmeſſungen der Deckenteile.

Mit Rückſicht auf die vielen Fehler, die bezüglich des Einſetzens der Einheiten in die Rechnungen gemacht werden, ſei hier beſonders hervorgehoben, daſs auf die ſtrenge Beibehaltung einmal eingeführter Maſs- und Gewichtseinheiten nicht ſorgfältig genug geachtet werden kann. Iſt z. B. eine Belaſtung in Kilogramm für 1 qm eingeführt, ſo darf in der ganzen Berechnung keine andere Gewichtseinheit als Kilogramm und keine andere Längeneinheit als Meter vorkommen; Spannungen ſind demnach dann gleichfalls in Kilogramm für 1 qm einzuführen. Ganz beſonders gefährlich im Sinne des Begehens ſolcher Fehler ſind die Elaſtizitätsziffern. Hat man einmal gewohnheitsgemäſs für Eiſen $E = 2\,000\,000$ eingeſetzt, ſo iſt damit das Kilogramm als Kraft und das Centimeter als Längeneinheit für die ganze Rechnung feſtgelegt. Brächte man Tonnen oder Meter in dieſelbe Rechnung, ſo würden unſinnige Ergebniſſe folgen. Obwohl das hier Gefagte ſelbſtverſtändlich iſt, ſo wird doch keine Regel ſo oft verletzt, wie gerade dieſe; ſie kann daher nicht ſcharf genug betont werden.

1) Stärke der Fuſsbodenbeläge.

231. Hölzerne Fuſsböden.

Die Stärke der Fuſsbodenbeläge entzieht ſich in den allermeiſten Fällen einer Berechnung. Wenn man bei den gewöhnlichen hölzernen Fuſsböden die Bretter

[326]) 2. Aufl.: Art. 24, S. 19 u. 20. — 3. Aufl.: Art. 27, S. 21.

Digitized by Google

ſo berechnet, daſs ſie ſich bei einer zuläſſigen Beanſpruchung von 80 kg für 1 qcm als Träger auf zwei Stützen zwiſchen letzteren frei tragen können, ſo fallen die Bretterſtärken für die gewöhnlichen Balkenteilungen mit Rückſicht auf Abnutzung und Durchbiegung zu gering aus. Nur in ſchwer belaſteten Speichern, zumal bei der in Fig. 25 (S. 21) dargeſtellten Konſtruktion ohne Balken, werden die Bohlen rechnungsmäſsig ſtärker. Hier empfiehlt es ſich, die eigentlichen (unteren) Tragbohlen nach den berechneten Maſsen auszuführen, ſie dann aber mit einer zweiten, erſtere rechtwinkelig kreuzenden, mindeſtens 8 cm dicken Bohlenlage abzudecken, welche nach erfolgter Abnutzung allein ausgewechſelt werden kann.

232. Eſtriche und Plattenbeläge.

Eſtriche aus Gips, Zementmörtel oder Aſphalt dürfen nicht als tragende Bauteile angeſehen werden; ſie bedürfen vielmehr als Unterſtützung einer Fachausfüllung, welche die ganze Belaſtung aufzunehmen im ſtande iſt; der Eſtrich nimmt nur die Abnutzung auf. Ebenſo bilden die Beläge mit natürlichen Steinplatten, Thonflieſen etc. nur eine ſchützende, keine tragende Schicht; auch ſie bedürfen daher einer durchlaufenden Unterſtützung.

2) Stärke der Ausfüllungen der Balkenfache.

α) Stakung, Wellerung und Einſchub.

233. Gewöhnliche Fachausfüllungen.

Die Wellerung oder Stakung und die Einſchubdecke (ſiehe Fig. 62 u. 63 [S. 46], 64 [S. 47], 67 [S. 48], 69 u. 70 [S. 49]) ſind nicht im ſtande, erhebliche Laſten aufzunehmen, bedürfen daher des Schutzes durch einen tragfähigen Fuſsboden; nur der geſtreckte Windelboden (ſiehe Fig. 61, S. 46) wird in ländlichen Gebäuden wohl unmittelbar geringen Laſten, wie niedrigen Lagen von Futter oder Stroh, ausgeſetzt. Ebenſo wird auch der Dübelboden (ſiehe Fig. 58 bis 60, S. 43) in der Regel keinen Laſten ausgeſetzt.

234. Fachausfüllungen mit künſtlichen Steinen.

Ebene Fachausfüllungen mit Gipsdielen (ſiehe Fig. 121, S. 71), Spreutafeln (ſiehe Fig. 93 bis 96, S. 58 u. 59), Tuffſteinen (ſiehe Fig. 74, S. 51), gebrannten Thonplatten (ſiehe Fig. 92, S. 57), Gipsbeton (ſiehe Fig. 120 [S. 71], 147 u. 149 [S. 80]), Hohlziegeln (ſiehe Fig. 65, S. 48), porigen Ziegeln, hohlen Gipsblöcken (ſiehe Fig. 66, S. 48), hohlen Thonkaſten (ſiehe Fig. 77 [S. 52], 78 [S. 53], 80 [S. 53], 181 bis 195 [S. 98 bis 104]) können zwar groſsenteils, namentlich bei Konſtruktionen wie in Fig. 65 (S. 48), 80 (S. 53), 181 bis 195 (S. 98 bis 104), erhebliche Laſten tragen, deren Gröſse in den früheren Mitteilungen über Belaſtungsverſuche angegeben iſt; in der Regel erhalten ſie jedoch keine Laſt, da dieſe von nur loſe oder gar nicht auf der Ausfüllung ruhenden Hölzern oder Brettern auf die Balken oder Träger gebracht wird. Notwendig iſt dieſe Entlaſtung bei den Konſtruktionen in Fig. 77 (S. 52), 92 (S. 57), 120 (S. 71), 147 u. 149 (S. 80), da dieſe wenig Tragfähigkeit beſitzen.

β) Mauerwerks- und Mörtelplatten ohne Einlagen.

235. Mauerwerks- und Mörtelplatten ohne Einlagen.

Die Tragfähigkeit der aus einzelnen Teilen — gewöhnlichen porigen oder hohlen Ziegeln, Gips- oder Thonkaſten — zuſammengeſetzten Ausfüllungsplatten nach Kap. 4 (unter b, 3, α, S. 154 und b, 4, α, S. 157) hängt, da ſie auf Biegung beanſprucht werden, lediglich von der Zugfeſtigkeit des die Fugen füllenden Mörtels und vom Grade des Anhaftens des Mörtels an den die Platte bildenden Körpern ab. Die Dicke der Platte d iſt bei der Trägerteilung b, der Nutzlaſt p für die Flächeneinheit, dem Gewichte g der Flächeneinheit des Fuſsbodens und der Ueberfüllung, dem

Digitized by Google

Gewichte γ der Raumeinheit der Platte und der zuläſſigen Beanſpruchung s des Fugenmörtels auf Zug für die Flächeneinheit zu beſtimmen nach der Formel:

$$d = \frac{3\,b^2}{2\,s}\left[\frac{\gamma}{4} + \sqrt{\left(\frac{\gamma}{4}\right)^2 + \frac{(p+g)\,s}{3\,b^2}}\right] \quad \ldots\ldots\ldots \text{I.}$$

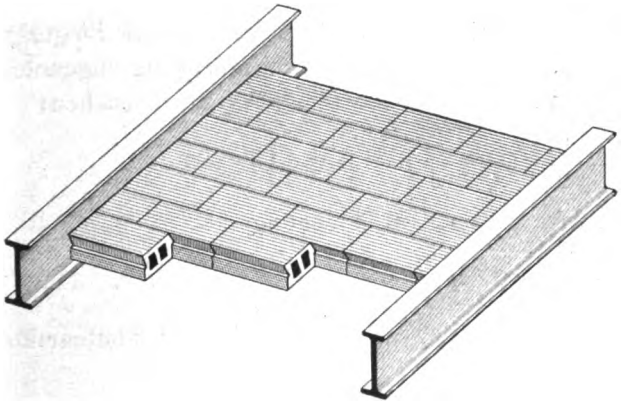
Beiſpiel. Ein hölzerner Bretterfuſsboden von 3 cm Dicke mit 8 cm Unterfüllung aus Schlackenbeton wiegt für 1 qm $(g =)$ $0{,}03 \cdot 600 + 0{,}08 \cdot 1230 = 116$ kg und hat $(p =)$ 500 kg Nutzlaſt auf 1 qm zu tragen. Die Teilung b der eiſernen Träger ſei 0,80 m und das Gewicht der Platte für Hohlziegel $(\gamma =)$ 1250 kg für 1 cbm. Die Fugen werden in Zementmörtel der Miſchung 1 : 3 ausgeführt, welchem mit Sicherheit nur $(s =)$ 25000 kg Zug auf 1 qm zugemutet werden dürfen. Alsdann muſs ſein

$$d = \frac{3 \cdot 0{,}8^2}{2 \cdot 25000}\left[\frac{1250}{4} + \sqrt{\left(\frac{1250}{4}\right)^2 + \frac{(500+116)\,25000}{3 \cdot 0{,}8^2}}\right] = 0{,}122\text{ m}.$$

Die oft erheblichen Hohlräume dieſer Platten brauchen bei der Berechnung nicht berückſichtigt zu werden, da ſie der Plattenmitte nahe liegen, ihre Ausfüllung alſo das Widerſtandsmoment nur wenig vergröſsern würde, und da immer in den lotrechten Stein- oder Kaſtenwandungen, ſowie im Mörtel der Querfugen genügend ſtarke Stege verbleiben, um die obere und untere Stein- oder Mörteldecke als Plattengurtungen wirken zu laſſen.

Aus beſonderen ſtatiſchen Erwägungen ſind die neuerdings in groſser Zahl eingeführten, mit den Längsſeiten gegenſeitig verfalzten Lochſteine nach Fig. 321, 322, 323, 327, 330, 331, 333 u. 344 (S. 160 bis 166) hervorgegangen, bei denen die Stoſsfugen in zwei aufeinander folgenden Reihen nach Fig. 334 (S. 163) u. 421 um halbe Steinlänge verſetzt werden. Bei dieſen Platten kann, wie auch nach Fig. 335 (S. 163) u. 337 (S. 164), aus der fertigen Platte kein einzelnes Stück herausgenommen werden, ohne mehrere andere zu zerſtören, auch wenn die Fugen gar keinen Mörtel enthalten. Daraus folgt ohne weiteres, daſs dieſe Platten eine gewiſſe, von der Feſtigkeit der Steine, der Stärke der Falzrippen und dem genauen Ineinanderpaſſen der Stücke abhängige Tragfähigkeit beſitzen, auch wenn ſie ganz trocken verſetzt werden; dies iſt auch in der That durch Belaſtungsverſuche bewieſen. Es empfiehlt ſich aber trotzdem nicht, die Belaſtungsfähigkeit ſolcher Platten durch Erſparung des Mörtels auf dieſe Umſtände zu begründen oder auch die Stärkenberechnung auf ihnen aufzubauen; denn der Stoff gewöhnlicher Strangpreſſenſteine iſt zu ungleichmäſsig, um ſich auf ſeine Tragfähigkeit, namentlich in den zarten Falzrippen, allein verlaſſen zu können, auch werden die Falzfugen in der Regel nicht ſo genau paſſend ſchlieſsen, daſs nicht bis zum gegenſeitigen Verſpannen der Stücke Spielräume zu überwinden wären, was dann durch vergleichsweiſe ſtarkes Durchhängen der Platte unter der Laſt in die Erſcheinung treten würde. Bei in leidlich gutem Mörtel verſetzten Platten ergeben Belaſtungsverſuche aber ſtets gerade, glatte Brüche in der Plattenmitte in der Richtung der Balken, ebenſo, wie in einer un-

Fig. 421.



Digitized by Google

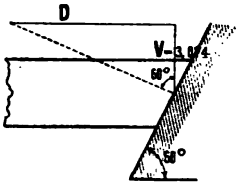
verfalzten Platte, und der dieſer Zerſtörung entſprechenden Beanſpruchung wirkt die Verfalzung nicht entgegen. Daher empfiehlt es ſich, die verfalzte Platte ebenſo zu berechnen, wie die unverfalzte. Ein Vorteil erwächſt aus der Verfalzung beim Mauern, das dabei in der Regel ohne Rüſtung erfolgen kann (vergl. Art. 164 u. 165 S. 159), und dadurch, daſs die gefalzten Fugen einen dichteren Schluſs und gröſsere Haftfläche des Mörtels ergeben.

Beſonders wichtig iſt für alle derartigen Platten die ſorgfältigſte Füllung der Stoſsfugen mit Mörtel, da dieſe Mörtelfüllung oben und unten unmittelbar Beſtandteile der Druck- und Zuggurtung der Platte bilden, Unvollſtändigkeiten der Fugenfüllung alſo der Beſeitigung gewiſſer Teile dieſer Druck- und Zugquerſchnitte gleichkommen.

236. Platten ohne Einlagen mit Längsdruck.

In Kap. 4 iſt unter c (in Art. 193, S. 175 und in Art. 110, S. 116) bereits auseinander geſetzt, daſs ein Längsdruck in der Vereinigung mit dem Biegungsmoment günſtig auf derartige Plattenkörper wirkt. Dieſer kann in einfacher Weiſe z. B. dadurch erzielt werden, daſs man die Platte mit ſchrägen Abſchluſsflächen verſieht und ſie als Keil zwiſchen dreieckige in die Träger geputzte Lagerleiſten ſetzt. Um zu verhindern, daſs die Keilwirkung durch Anbinden des zur Erzielung ſatten Auffitzens nötigen Mörtels an die Lagerleiſte aufgehoben oder beeinträchtigt wird, könnte hier das Einlegen dünner Bleche in die Lagerfuge, wie in Fig. 398 (S. 188) in Frage kommen.

Fig. 422.



Werden die obigen Bezeichnungen beibehalten, iſt M das gröſste Biegungsmoment und D der Längsdruck, ſo iſt, wenn noch zur Unterſcheidung die Zugkantenſpannung mit s_z, die Druckkantenſpannung mit s_d bezeichnet wird, zu machen:

$$d = \frac{1}{s_z}\left[-\frac{D}{2} + \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + 6\,M s_z}\right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2.$$

oder, wenn eine beſtimmte Plattendicke gegeben iſt, ſo beträgt

$$s_z = \frac{6M}{d^2} - \frac{D}{d} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{6M}{d^2} + \frac{D}{d} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3.$$

Die Lage der Spannungsnulllinie iſt nun nicht mehr in der Plattenmitte, ſondern um

$$z = \frac{d}{2}\left(1 - \frac{Dd}{6M}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4.$$

von der gezogenen Plattenkante entfernt.

Werden dieſe Formeln in Centim. als Einheit auf das vorſtehende Beiſpiel angewendet, ſo iſt die Laſt für 1 qcm der Decke feſtzuſtellen mit $0{,}01 \cdot 0{,}01\ (116 + 500 + 0{,}122 \cdot 1250) = 0{,}07685$ kg, wenn die oben berechnete Plattendicke vorläufig beibehalten wird, obwohl ſich auf dieſe Weiſe ein etwas zu ungünſtiges Gewicht ergiebt.

Die auf einen Plattenſtreifen von 1 cm Breite kommende Laſt iſt $80 \cdot 0{,}07685$ kg $= 6{,}148$ kg, der lotrechte Lagerdruck $3{,}074$ kg $= V$. Wird das Lager unter 60 Grad gegen die Wagrechte geneigt, ſo entſteht $D = V \cdot \operatorname{tg} 60^0 = 3{,}074 \cdot 1{,}732$ (Fig. 422), als $D = 5{,}317$ kg und $M = \frac{0{,}07685 \cdot 80^2}{8} = 61{,}48$ cmkg.

Demnach müſste nun bei $s_z = 25000$ kg für 1 qm $= 2{,}5$ kg für 1 qm nach Gleichung 2

$$d = \frac{1}{2{,}5}\left[-\frac{5{,}317}{2} + \sqrt{\left(\frac{5{,}317}{2}\right)^2 + 6 \cdot 61{,}48 \cdot 2{,}5}\right] = 11{,}1 \text{ cm} = \infty\ 11 \text{ cm}$$

ſein, und dann würde an der Oberſeite nach Gleichung 3 ein Druck von $s_d = \frac{6 \cdot 61{,}48}{11^2} + \frac{5{,}317}{11}$

Digitized by Google

$= 3{,}53\,\text{kg}$ für $1\,\text{qcm}$ entſtehen. Die Nulllinie liegt nach Gleichung 4 um $z = \frac{11}{2}\left(1 - \frac{11 \cdot 5{,}317}{6 \cdot 61{,}48}\right) = 4{,}62\,\text{cm}$ über der Plattenunterkante.

Wäre die Stärke von $12{,}2\,\text{cm}$ beibehalten, ſo wäre die Zugſpannung nach Gleichung 3 auf $s_z = \frac{6 \cdot 61{,}48}{12{,}2^2} - \frac{5{,}317}{12{,}2} = 1{,}99\,\text{kg}$ für $1\,\text{qcm}$ herabgegangen.

Aus dieſen Zahlen leuchtet der Vorteil der Erzeugung des Längsdruckes für die Platte ohne weiteres ein. Es iſt aber zu betonen, daſs nun auch die unterſtützenden Balken im ſtande ſein müſſen, den aus der Verkehrslaſt und am Rande der Balkenlage auch den aus der Eigenlaſt der Decke folgenden, wagrechten Druck aufzunehmen, daſs alſo der günſtigeren Bildung der Platte Mehraufwendungen in der Balkenlage gegenüberſtehen. Dieſe Frage der ſeitlichen Belaſtung der Balken wird bei der Berechnung der letzteren erörtert werden.

237. Veränderlichkeit der Elaſtizitätsziffern.

Den angegebenen Formeln liegen die Annahmen zu Grunde, daſs die Elaſtizitätsziffer des Plattenkörpers ſowohl für verſchiedene Gröſse, als auch für verſchiedenen Sinn der Spannungen unveränderlich ſei. Dies trifft nun beides nicht ſtreng zu[327]; jedoch kann bei den verhältnismäſsig geringen, thatſächlich vorkommenden Spannungen die erſtere Annahme der Unabhängigkeit der Elaſtizitätsziffer von der Gröſse der Spannung hier als genügend genau angeſehen werden.

Merklicher iſt dagegen die Veränderlichkeit der Elaſtizitätsziffer mit dem Sinne der Spannung, für deren Berückſichtigung die obigen Gleichungen wiederholt werden ſollen. Die Elaſtizitätsziffer für Zug wird mit E_z, diejenige für Druck mit E_d und das Verhältnis beider $E_z : E_d$ mit α bezeichnet; für die meiſten in Frage kommenden Körper iſt dann $E_z < E_d$, alſo $\alpha < 1$.

Die Dicke einer nur auf Biegung in Anſpruch genommenen Platte folgt unter Beibehaltung der oben eingeführten Bezeichnungen nach

$$d = \frac{3\,(1 + \sqrt{\alpha})\,b^2}{4\,s_z}\left[\frac{\gamma}{4} + \sqrt{\left(\frac{\gamma}{4}\right)^2 + \frac{2\,(p+g)\,s_z}{3\,(1+\sqrt{\alpha})\,b^2}}\right]; \quad \ldots \quad 5.$$

bei gegebener Plattendicke iſt

$$s_z = \frac{3\,(1+\sqrt{\alpha})\,M}{d^2} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{s_z}{\sqrt{\alpha}}, \quad \ldots \ldots \quad 6.$$

und die Spannungsnulllinie liegt um

$$z = \frac{d}{1+\sqrt{\alpha}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 7.$$

von der gezogenen Auſsenkante entfernt auſserhalb der Mitte.

Werden hier wieder die Zahlen des Beiſpieles auf S. 205 eingeführt: $\gamma = 1250\,\text{kg}$ für $1\,\text{cbm}$, $g = 116\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$, $p = 500\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$, $b = 0{,}80\,\text{m}$ und wird noch angenommen, daſs für die verwendeten Stoffe $\alpha = 0{,}75$ ſei, was für viele Fälle etwa zutrifft, ſo iſt $\sqrt{\alpha} = 0{,}866$, $1 + \sqrt{\alpha} = 1{,}866$, alſo nach Gleichung 5

$$d = \frac{3 \cdot 1{,}866 \cdot 0{,}8^2}{4 \cdot 25000}\left[\frac{1250}{4} + \sqrt{\left(\frac{1250}{4}\right)^2 + \frac{2\,(116+500)\,25000}{3 \cdot 1{,}866 \cdot 0{,}8^2}}\right] = 0{,}1167\,\text{m},$$

und dann wäre $s_d = \frac{25000}{0{,}866} = 28900\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$.

Würde die Dicke $d = 0{,}122\,\text{m}$ des obigen Beiſpieles beibehalten, ſo würde nach Gleichung 6 für $M = \frac{61{,}48 \cdot 100}{100}\,\text{mkg}$: $s_z = \frac{3 \cdot 1{,}866 \cdot 61{,}48}{0{,}122^2} = 23050\,\text{kg}$ und $s_d = \frac{23100}{0{,}866} = 26600\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$, und die Nulllinie liegt nach Gleichung 7: $z = \frac{0{,}122}{1{,}866} = 0{,}0653\,\text{m}$ über der Unterkante, alſo über der Plattenmitte.

[327]) Siehe: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1895, S. 489; 1896, S. 1381, ſowie mehrere ſpätere Aufſätze derſelben Zeitſchrift. — Ferner: Zeitſchr. f. Arch. u. Ing. 1901, Heft 2.

Digitized by Google

Dieſe Zahlen zeigen, daſs es für ſolche gebogene Körper mit niedrigen zuläſſigen Zugſpannungen günſtig iſt, wenn die Elaſtizitätsziffer für Zug geringer iſt als diejenige für Druck. Die Nulllinie rückt dann nach der gedrückten Seite; die Kantendruckſpannung ſteigt, und die Zugſpannung nimmt ab.

Wirkt nun aufser dem Moment eine Längskraft auf die Platte, ſo laſſen ſich bei gleichzeitiger Berückſichtigung verſchiedener Elaſtizitätsziffern für Zug- und Druckſpannung ſo einfache und geſchloſſene Formeln, wie in den früheren Fällen, nicht mehr aufſtellen.

In einem derartigen Falle nehme man die Plattendicke d ſchätzend an und prüfe dieſe dann auf die auftretenden Spannungen nach folgendem Rechnungsgange (Fig. 423).

Zunächſt beſtimme man den Abſtand z der Nulllinie von der gezogenen Kante nach

$$z^3 \frac{D}{6}\left(\frac{1}{\alpha}-1\right) - z^2 \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\alpha}-1\right)\left(M+\frac{Dd}{2}\right) + z\frac{Md}{\alpha} = \frac{d^2}{2\alpha}\left(M-\frac{Dd}{6}\right). \quad 8.$$

Fig. 423.

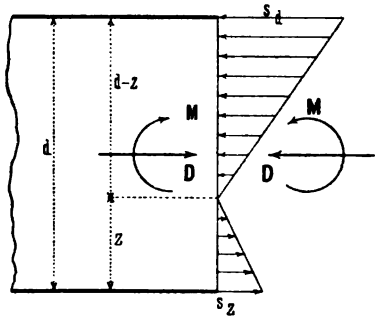
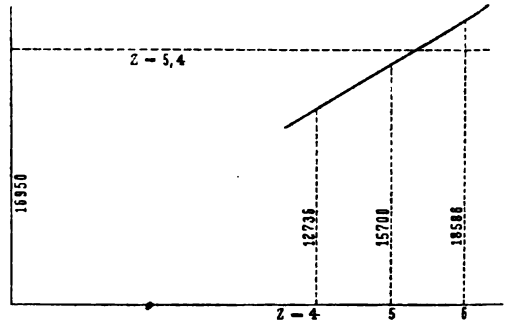


Fig. 424.



Die Löſung wird, da der Wert von z nicht weit von $\frac{d}{2}$ zu liegen pflegt, am beſten durch Verſuch hergeſtellt, wie im nachfolgenden Beiſpiele gezeigt wird. Iſt z gefunden, ſo iſt

$$s_z = \frac{2D}{\frac{(d-z)^2}{\alpha z} - z} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{d-z}{\alpha z} s_z \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9.$$

Wird auch hier, wie zu Gleichungen 2 bis 4, das obige Beiſpiel in Centim. als Einheit beibehalten, demnach $d = 12{,}2\,\text{cm}$ eingeführt, ſo bleibt $M = 61{,}48\,\text{cmkg}$, $D = 5{,}317\,\text{kg}$, $\alpha = 0{,}75$, und es iſt $\frac{1}{\alpha} - 1 = \frac{1}{3}$, $\frac{Dd}{2} = \frac{5{,}317 \cdot 12{,}2}{2} = 32{,}5$ und $\frac{Dd}{6} = \frac{5{,}317 \cdot 12{,}2}{6} = 10{,}8$. Demnach lautet Gleichung 8:

$$z^3 \frac{5{,}317}{6}\frac{1}{3} - z^2 \frac{61{,}48 + 32{,}5}{2 \cdot 3} + z \frac{61{,}48 \cdot 12{,}2 \cdot 4}{3} = \frac{12{,}2^2 \cdot 4}{2 \cdot 3}(61{,}48 - 10{,}8) \text{ oder}$$

$$z^3 - z^2 \cdot 53{,}0 + z \cdot 3380 = 16950.$$

Man ſetze, da z vermutlich zwiſchen 5 und 6 liegt, $z = 4\,\text{cm}$, $z = 5\,\text{cm}$ und $z = 6\,\text{cm}$ und rechne jedesmal den Wert der linken Seite aus; dann ergeben ſich die drei Zahlen 12736, 15700 und 18586. Man trage z wagrecht, die drei Zahlen entſprechend lotrecht auf (Fig. 424), lege durch die drei Punkte eine Linie und bringe dieſe zum Schnitte mit der Wagrechten, die um 16950 über der Grundlinie gezogen iſt (Fig. 424). Dieſer Schnittpunkt liefert mit $z = 5{,}4\,\text{cm}$ die Löſung, alſo $d - z = 12{,}2 - 5{,}4 = 6{,}8\,\text{cm}$ und nach Gleichung 9

$$s_z = \frac{2 \cdot 5{,}317}{\frac{6{,}8^2 \cdot 4}{3 \cdot 5{,}4} - 5{,}4} = 1{,}77\,\text{kg} \quad \text{und} \quad s_d = \frac{6{,}8 \cdot 4}{3 \cdot 5{,}4} 1{,}77 = 2{,}97\,\text{kg} \text{ für } 1\,\text{qcm}.$$

Digitized by Google

Durch die keilige Lagerung, alſo die Erzeugung von Längsdruck, und die Berückſichtigung der Verſchiedenheit der Elaſtizitätsziffern für Zug und Druck iſt demnach die gröſste Zugſpannung von 2,5 kg auf 1,77 kg für 1 qcm herabgegangen, die gröſste Druckſpannung von 2,5 auf 2,97 kg für 1 qcm geſteigert, ſo daſs die Platte alſo erheblich leiſtungsfähiger erſcheint. Soll die Zugſpannung von 2,5 kg für 1 qcm beibehalten werden, ſo kann die Platte dünner ſein; man hätte alſo die Rechnung mit einer neuen Annahme für d, etwa gleich 11 cm, zu wiederholen und zu prüfen, ob Gleichung 9 mit dem aus Gleichung 8 zu entnehmenden z nun für s_z 2,5 kg für 1 qcm liefert.

Uebrigens iſt zu betonen, daſs der Wert $\alpha = E_z : E_d$ erſt für wenige Bauſtoffe und ihre Zuſammenſetzungen mit einiger Sicherheit feſtgeſtellt iſt; auf dieſem Gebiete bleibt noch viel zu thun übrig.

Da das gleichzeitige Auftreten von Momenten und Längskräften bei den Wölbungen die Regel bildet, ſo wird bei ihrer Berechnung auf die Gleichungen 2 bis 4 u. 8, 9 zurückgegriffen werden.

238. Ebene Betonplatten.

Ebene Betonplatten (Fig. 256 bis 259, S. 133[328]) unterſcheiden ſich hinſichtlich der Stärkenbeſtimmung von den eben beſprochenen Fachausfüllungen nicht, welche nach Gleichung 1 bis 9 erfolgt. Da jedoch der Beton infolge des gleichmäſsigen Gefüges mehr Sicherheit gegen Zugbeanſpruchung beſitzt als eine Platte aus einzelnen durch Fugen getrennten Körpern, für welche nicht eigentlich die Zugfeſtigkeit des Mörtels, ſondern nur das von mancherlei Zufälligkeiten abhängige Anhaften des Mörtels an den Steinen in Frage kommt, ſo kann die zuläſſige Zugbeanſpruchung s_z hier höher — bei den fetteren Betonarten und guter Herſtellung bis 40000 kg für 1 qcm — angenommen werden. Eine Ueberfüllung aus Schlackenbeton (Fig. 256 u. 257, S. 133) kann, wenn ſie unmittelbar auf der ganz friſchen Betondecke eingeſtampft iſt, als mit zur berechneten Plattendicke gehörend angeſehen werden, da die wegen der geringen zuläſſigen Zugſpannungen einzuhaltenden niedrigen Druckſpannungen auch von dieſem mangelhafteren Bauſtoff reichlich aufgenommen werden können. Es iſt aber darauf zu halten, daſs im Bereiche z (Fig. 423) der Zugſpannungen ſtets nur beſter und dichter Beton liegt. Deshalb iſt bei den obigen Formeln auch die Lage der Spannungsnulllinie als Begrenzung von z angegeben.

γ) Mauerwerks- und Mörtelplatten mit Eiſeneinlagen; Verbundkörper.

239. Platten mit Eiſeneinlagen.

In Kap. 4, unter a, 3, β (Art. 104 [S. 110] bis 112 [S. 118]) ſind die allgemeinen Ziele des Einlegens von Eiſen und das Zuſammenwirken der Bauſtoffe eingehend erörtert. Dort wurde feſtgeſtellt, daſs man die Berechnung je nach der Unzuläſſigkeit oder Zuläſſigkeit des Entſtehens feiner Riſſe oder auch nach den neueſten Erfahrungen unter Berückſichtigung der Streckung der gezogenen Konſtruktionsteile auf verſchiedenen Grundlagen aufzubauen hat:

im erſten Falle unter Einhaltung der zuläſſigen Zuggrenze der Umhüllung für die gröſste Zugſpannung s_{mz} unter Einführung einer geringen Dehnungsziffer $1/E_m$ oder hohen Elaſtizitätsziffer E_m und bei der Unmöglichkeit, die Spannung s_e des Eiſens auf die ſonſt übliche Höhe zu bringen;

im zweiten Falle unbekümmert um die Höhe der in der Umhüllung entſtehenden Zugſpannungen bloſs unter Einhaltung der zuläſſigen höchſten Druckſpannung s_{md} der Umhüllung, unter Einführung einer höheren Dehnungsziffer $1/E_m$ oder niedrigerer Elaſtizitätsziffer E_m behufs voller Ausnutzung der zuläſſigen Spannung s_e des Eiſens.

Streng genommen müſste im erſten Falle noch auf die in Kap. 4 unter a, 3, β (Art. 104, S. 113) und in Kap. 9, unter b, 2, β (Art. 237, S. 207) betonte Verſchiedenheit der Elaſtizitätsziffern E_{mz} und E_{md} für Zug und Druck in der Umhüllung Rückſicht genommen werden; doch werden dadurch die an ſich ſchon nicht

328) Vergl.: Art. 126 (S. 132) — ferner: Engesser, F. Ueber die Feſtigkeit von Beton-Bogen. Deutſche Bauz. 1881, S. 580.

Digitized by Google

ganz einfachen Unterſuchungen zu ſehr erſchwert, und der bei dem vergleichsweiſe geringen Einfluſſe dieſes Umſtandes erzielte Erfolg entſpricht dem an dieſer Stelle anzuſtrebenden Grade von Schärfe nicht mehr. Die neuere Litteratur enthält übrigens eine ſehr groſse Anzahl von Bearbeitungen dieſer Fragen, auf die wir hier verweiſen[329]).

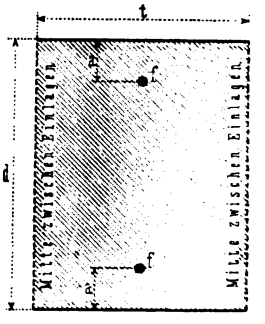
Für die dritte Grundlage der Berechnung: die Ausnutzung der Spannung in den gezogenen Konſtruktionsteilen bis zur Streckgrenze (ſiehe Art. 105, S. 113), werden weiter unten noch beſondere, von den hier eingeführten etwas abweichende Bezeichnungen eingeführt werden.

a) Die Platte nimmt nur Biegungsmomente auf; Entſtehen von Riſſen iſt unzuläſſig.

240. Platte nur gebogen; Riſſe unzuläſſig.

Für die Längeneinheit des Plattenquerſchnittes iſt das Moment M, für die Teilung t der Einlagen, alſo $t\,M$ aufzunehmen; bezüglich der Eiſeneinlagen des Einzelquerſchnittes f wird keine beſondere Annahme über die Form, übrigens bloſs die gemacht, daſs der Querſchnitt im Vergleiche mit der Platte nur geringe Höhe hat, ſo daſs gleichmäſsige Spannung des Eiſenquerſchnittes vorausgeſetzt werden kann; bei hochkantig geſtellten Bandeiſen iſt dies beiſpielsweiſe ſchon nicht mehr zuläſſig, da dieſe erhebliche Biegungen erleiden und daher nicht in allen Teilen ihrer Höhe dieſelbe Spannung aufnehmen. Da wegen der Forderung der Freiheit von Riſſen gleiche Längenänderungen des Eiſens und der Umhüllung gewahrt bleiben müſſen, ſo müſſen ſich gemäſs $s_e : E_e = s_m : E_m$ die Spannungen s_e des Eiſens und s_m der Umhüllung verhalten, wie die Elaſtizitätsziffern E_e und E_m. Wird $E_e : E_m = n$ geſetzt, ſo iſt alſo $s_e : s_m = n$ oder $n\,s_m = s_e$. Die Leiſtung des Eiſens iſt $f s_e = f n s_m$, d. h., nimmt man auch für das Eiſen die Spannung s_m der Umhüllung an, ſo iſt die Gröſse des Eiſenquerſchnittes mit nf einzuführen; hiernach kann gerechnet werden, wie wenn dieſer neu zuſammengeſetzte Querſchnitt allein aus dem Stoffe der Umhüllung beſtände.

Fig. 425.



241. Platte mit zwei Einlagen.

Wird der Teil des Plattenquerſchnittes zwiſchen zwei Einlagen noch $F = d\,t$ (Fig. 425) und der Abſtand des Schwerpunktes der Eiſeneinlage von der Auſsenkante a genannt, ſind ferner zwei gleich weit von der Mitte liegende Einlagen da, ſo ſind Widerſtandsmoment W''

329) Wayss, G. A. Das Syſtem Monier etc. Berlin 1887.
Deutſche Bauz. 1886, S. 297.
Recherches ſur la théorie des ciments armes. Sonderſchrift von Planat. Paris 1894.
Annales des travaux publics de Belgique 1898, Bd. III, S. 487.
Centralbl. d. Bauverw 1897, S. 190; 1886, S. 462; 1900, S. 83, 93.
Schweiz. Bauz., Bd. XXV (1895), S. 31; Bd. XXIX (1897), S. 61; Bd. XXXIII (1899), S. 41, 49; Bd. XXXV (1899), S. 235; Bd. XXXVI (1900), S. 129.
Nouv. annales de la conſtr. 1899, S. 1; 1898, S. 12 ff.
Revue induſtr. 1898, S. 48; 1899, S. 28, 108, 119.
Le génie civil, Bd. XXXIV (1899), S. 213, 229, 244, 260.
Zeitſchr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., S. 897, S. 314.
Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öff. Baudienſt 1896, S. 465.
Gewölbebericht des öſterreichiſchen Ingenieur- u. Architekten-Vereines. Zeitſchrift dieſes Vereines 1895, Nr. 20 bis 34. Auch als Sonderabdruck im Selbſtverlage des Vereines.
Zeitſchr. des öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 365, 305, 593, 606; 1897, S. 351, 364; 1899, S. 539; 1901, S. 97, 117.
Annales des ponts et chauſſées, Serie 7, Bd. IX (1895), S. 604.
Wochſchr. des öſt. Ing.- und Arch.-Ver. 1890, S. 209 u. 224.
Bauing.-Ztg. 1901, S. 9.
Revue technique de l'expoſition univerſelle de 1900. Teil 1, Bd. 2. Paris 1900. S. 36 ff.
Zeitſchr. f. Arch. u. Ing. 1901, S. 134.
Allg. Bauz. 1901, S. 19.

Digitized by Google

und die Kantenſpannung der Umhüllung (Fig. 425) ſowohl auf der Zug-, als auch auf der Druckſeite bei der angenommenen Plattendicke d

$$W'' = \frac{Fd}{6} + nf\left(d - 4a\,\frac{d-a}{d}\right), \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W''}, \quad s_e = n s_m \frac{d-2a}{d}. \quad . \quad . \quad 10.$$

Die Löſung nach d iſt in geſchloſſener Form nur für den meiſt zutreffenden Fall herzuſtellen, daſs a gegen d klein, alſo $\frac{d-a}{d} = 1$ zu ſetzen iſt; dann ergiebt ſich bei p Kilogr. bleibender Auflaſt, g Kilogr. Verkehrslaſt auf der Flächeneinheit und γ Kilogr. Eigenlaſt der Inhaltseinheit der Platte, ferner bei der Stützweite b der Näherungswert

$$d = \frac{3}{t}\left[\frac{\gamma b^2 t}{8 s_{mz}} - nf + \sqrt{\left(\frac{\gamma b^2 t}{8 s_{mz}} - nf\right)^2 + \frac{t}{3}\left(8nfa + \frac{(p+g) b^2 t}{4 s_{mz}}\right)}\right]. \quad . \quad 11.$$

Soll z. B. eine Platte mit $s_{mz} = 40000$ kg auf 1 qm für 120 kg auf 1 qm Fuſsbodengewicht, 1000 kg auf 1 qm Verkehrslaſt und 1 m Balkenteilung unter Einlegen von je zwei 1 cm ſtarken Drähten in 4 cm Teilung, 1,5 cm mit den Mitten von der Ober- und Unterfläche aus Beton von 2200 kg auf 1 cbm Gewicht gebildet werden, iſt dabei $E_m = 200000$ kg und $E_e = 2000000$ kg auf 1 qcm, alſo $n = 10$, ſo iſt $f = \frac{0{,}01^2\pi}{4} = 0{,}0000785$ qm, und annähernd

$$d = \frac{3}{0{,}04}\left[\frac{2200 \cdot 1^2 \cdot 0{,}04}{3 \cdot 40000} - 10 \cdot 0{,}0000785 + \sqrt{\left(\frac{2200 \cdot 1^2 \cdot 0{,}04}{8 \cdot 40000} - 10 \cdot 0{,}0000785\right)^2 + \frac{0{,}04}{3}\left(8 \cdot 10 \cdot 0{,}0000785 \cdot 0{,}015 + \frac{(120+1000)\,1^2 \cdot 0{,}04}{4 \cdot 40000}\right)}\right]$$

$$= 0{,}134\text{ m}.$$

Da die Formel für d nur näherungsweiſe richtig iſt, ſo empfiehlt es ſich, nachzurechnen, welche Spannung nach Gleichung 10 im Beton entſteht. Es iſt

$$M = \frac{(120 + 1000 + 2200 \cdot 0{,}134) \cdot 1^2}{8} = 177\text{ mkg} \text{ für } 1\text{ m Platte}, \quad F = 0{,}04 \cdot 0{,}134 = 0{,}00535\text{ qm}, \text{ alſo}$$

$$z_{mz} = \frac{177 \cdot 0{,}04}{\frac{0{,}00535 \cdot 0{,}134}{6} + 10 \cdot 0{,}0000785\left(0{,}134 - 4 \cdot 0{,}015\,\frac{0{,}134 - 0{,}015}{0{,}134}\right)} = 39000\text{ kg auf } 1\text{ qm}.$$

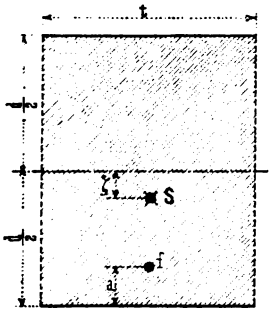
Gleichung 11 liefert demnach die Plattendicke um ein Geringes zu groſs.

Ohne die Eiſeneinlagen hätte die Platte nach Gleichung 1

$$d = \frac{3 \cdot 1^2}{2 \cdot 40000}\left[\frac{2200}{4} + \sqrt{\left(\frac{2200}{4}\right)^2 + \frac{(120+1000) \cdot 40000}{3 \cdot 1^2}}\right] = 0{,}167\text{ m}$$

ſtark ſein müſſen. Sehr erheblich iſt alſo der Gewinn durch die Eiſeneinlagen nicht, wie bei der ſehr geringen Ausnutzung des Eiſens nach Gleichung 10 mit nur $s_e = 40000 \cdot 10\,\frac{0{,}134 - 2 \cdot 0{,}015}{0{,}134} = 310000$ kg auf 1 qm $= 31$ kg auf 1 qcm Spannung zu erwarten war.

Fig. 426.



242. Platte mit Einlage auf der Zugſeite.

Wird die Platte dagegen für die Aufnahme von Biegungsmomenten nur in einem Sinne blofs auf der Zugſeite einſeitig mit Drähten ausgeſtattet, ſo ergiebt ſich die gröſste Zugſpannung s_{mz} in der Betonkante, wenn zu den früheren Bezeichnungen noch $F : f = r$ eingeführt wird (Fig. 426) nach

$$W' = \frac{F\left[\frac{d^2}{3}\left(1 + \frac{r}{n}\right) + (d - 2a)^2\right]}{2\left(d\,\frac{r}{n} + 2a\right)}, \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W'}, \quad 12.$$

Digitized by Google

und der Abſtand ζ des Geſamtſchwerpunktes von der Plattenmitte nach

$$\zeta = \frac{d - 2a}{2\left(1 + \frac{r}{n}\right)} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 13.$$

Wird unter Beibehaltung der Zahlenwerte des letzten Beiſpieles für eine $0{,}134^{\,m}$ dicke Platte die Spannung für die Ausbildung mit einſeitiger Einlage ausgerechnet, ſo folgt, unter Einſetzung von W' in s_{mz} für $r = 0{,}00535 : 0{,}0000785 = 68{,}2$, nach Gleichung 12

$$s_{mz} = \frac{2 \cdot 0{,}04 \cdot 177 \left(0{,}134 \frac{68{,}2}{10} + 2 \cdot 0{,}015\right)}{0{,}00535\left[\frac{0{,}134^2}{3}\left(1 + \frac{68{,}2}{10}\right) + (0{,}134 - 2 \cdot 0{,}015)^2\right]} = 43\,500^{\,kg} \text{ auf } 1^{\,qm}.$$

Soll alſo $s_{mz} = 40\,000^{\,kg}$ auf $1^{\,qm}$ beibehalten werden, ſo iſt die Platte bei dieſer Ausbildung etwas dicker zu machen.

Die für eine Platte ohne Einlage ausgerechnete Stärke von $0{,}167^{\,m}$ giebt für das Moment

$$M = \frac{(120 + 1000 + 2200 \cdot 0{,}167) \cdot 1^2}{8} = 186^{\,mkg},$$

und bei Anordnung einer einſeitigen Einlage

$$s_{mz} = \frac{2 \cdot 0{,}04 \cdot 186 \left(0{,}167 \frac{68{,}2}{10} + 2 \cdot 0{,}015\right)}{0{,}00535\left[\frac{0{,}167^2}{3}\left(1 + \frac{68{,}2}{10}\right) + (0{,}167 - 2 \cdot 0{,}015)^2\right]} = 35\,500^{\,kg} \text{ auf } 1^{\,qm}.$$

Die Konſtruktion mit einſeitigen Einlagen liegt alſo etwa mitten zwiſchen denjenigen mit zwei und ohne Einlagen, jedoch etwas näher an erſterer; man würde mit ihr etwa bei $d = 0{,}145^{\,m}$ auf $s_{mz} = 40\,000^{\,kg}$ auf $1^{\,qm}$ kommen. Dabei betrüge der Schwerpunktsabſtand ζ nach Gleichung 13

$$\zeta = \frac{0{,}145 - 2 \cdot 0{,}015}{2\left(1 + \frac{68{,}2}{10}\right)} = 0{,}0073^{\,m}.$$

243. Einlagen mit eigener erheblicher Steifigkeit.

Haben die Einlagen ſolche Form und Querſchnittsgröſse f, daſs ihr eigenes Trägheitsmoment i von Einfluſs wird, ſo iſt für Platten mit zwei Einlagen (Fig. 425) das Widerſtandsmoment für eine Teilung t der Einlagen

$$W'' = F\frac{d}{6} + nf\left(d - 4a\frac{d-a}{d}\right) + \frac{4n \cdot i}{d}, \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W''} \quad \ldots \quad 14.$$

zu ſetzen, wobei der Schwerpunkt in der Mitte liegt; für Platten mit einſeitiger Einlage (Fig. 426) wird das Widerſtandsmoment für eine Teilung t

$$W' = \frac{F\left[\frac{d^2}{3}\left(1 + \frac{r}{n}\right) + (d - 2a)^2\right] + 4ni\left(1 + \frac{r}{n}\right)}{2\left(d\frac{r}{n} + 2a\right)}, \quad s_{mz} = \frac{Mt}{W'} \quad \ldots \quad 15.$$

Der Schwerpunktsabſtand ζ von der Mitte folgt nach Gleichung 13.

Hiernach möge die Tragfähigkeit einer *Kleine*'ſchen Decke von $12^{\,cm}$ Dicke und $100^{\,cm}$ Traglänge mit Bandeiſeneinlagen an der Unterſeite in $t = 7{,}5^{\,cm}$ Teilung, $3{,}5^{\,cm}$ Höhe und $0{,}3^{\,cm}$ Dicke für $a = 2{,}75^{\,cm}$ berechnet werden für den Fall, daſs die Zugſpannung s_{mz} im Mauerwerke $2{,}5^{\,kg}$ für $1^{\,qm}$ nicht überſchreiten ſoll und die Elaſtizitätsziffer $E_m = 100\,000^{\,kg}$ für $1^{\,qcm}$ geſetzt werden kann. Die Ueberfüllung wiegt $g = 0{,}012^{\,kg}$ für $1^{\,qcm}$ und das Mauerwerk nebſt Eiſen $0{,}0018^{\,kg}$ für $1^{\,cbcm}$; für eine Teilung iſt $F = 12 \cdot 7{,}5 = 90^{\,qcm}$, $f = 3{,}5 \cdot 0{,}3 = 1{,}05^{\,qcm}$, alſo

$$r = \frac{90}{1{,}05} = 85{,}7, \quad n = \frac{2\,100\,000}{100\,000} = \frac{E_c}{E_m} = 21, \quad i = 0{,}3\,\frac{3{,}5^3}{12} = 1{,}08 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Digitized by Google

alſo nach Gleichung 15

$$W' = \frac{90\left[\frac{12^2}{3}\left(1+\frac{85{,}7}{21}\right)+(12-5{,}5)^2\right]+4\cdot 21\cdot 1{,}06\left(1+\frac{85{,}7}{21}\right)}{2\left(12\,\frac{85{,}7}{21}+5{,}5\right)} = 241 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Das Angriffsmoment für die Breite t iſt

$$tM = 7{,}5\,\frac{(g+p+d\gamma)\,100^2}{8} = 7{,}5\,\frac{(0{,}012+p+12\cdot 0{,}0018)\,100^2}{8},$$

und dieſes muſs gleich $s_{mz}\,W'$ ſein; demnach $0{,}012 + p + 12\cdot 0{,}0018 = \frac{8\cdot 2{,}5\cdot 241}{7{,}5\cdot 100^2}$ oder $p = 0{,}0294$ kg für 1 qcm oder 294 kg für 1 qm. Bei einer den obigen Grundlagen entſprechenden Ausführung in Zementmörtel etwa der Miſchung 1 : 5 wäre unter dieſer Belaſtung das Entſtehen von Riſſen noch ausgeſchloſſen.

ζ wird für dieſen Fall nach Gleichung 13

$$\zeta = \frac{12-2\cdot 2{,}75}{2\left(1+\frac{85{,}7}{21}\right)} = 0{,}59 \text{ cm}.$$

b) Die Platte nimmt auſser dem Biegungsmoment auch Längsdruck auf; Entſtehen von Riſſen iſt unzuläſſig.

244. Platte gebogen und gedrückt; Riſſe unzuläſſig.

Hat die Platte zwei gleich weit von der Mitte liegende Einlagen (Fig. 425), ſo ermittele man W'' nach Gleichung 10 oder 14; dann iſt die gröſste Spannung im Mauerwerke:

$$s_{mz} = \frac{Mt}{W''} - \frac{Dt}{F+nf}; \quad s_{md} = \frac{Mt}{W''} + \frac{Dt}{F+nf} \quad \ldots\ldots 16.$$

Hat die Platte nur eine Einlage (Fig. 426) auf der Zugſeite, ſo berechne man zuerſt W' nach Gleichung 12 oder 15 und hierauf ζ nach Gleichung 13; dann folgen die gröſsten Spannungen genau genug aus

$$s_{mz} = \frac{Mt+tD\zeta}{W'} - \frac{Dt}{F+nf}; \quad s_{md} = \frac{Mt+tD\zeta}{W'} + \frac{Dt}{F+nf} \quad \ldots\ldots 17.$$

Würde z. B. die zu Gleichung 15 unterſuchte *Kleine*'ſche Platte unter der ausgerechneten Laſt von 0,0294 kg für 1 qcm nach Fig. 422 gelagert, ſo wäre $M = (0{,}012 + 0{,}0294 + 12\cdot 0{,}0018)\,\frac{100^2}{8} = 79{,}0$ cmkg für 1 cm Platte, der Lagerdruck $\frac{1}{2}(0{,}012 + 0{,}0294 + 12\cdot 0{,}0018)\,100 = 315$ kg; folglich D nach Fig. 422 gleich $3{,}15\cdot 1{,}733 = 5{,}44$ kg, ſomit nach Gleichung 17 für das oben ausgerechnete $\zeta = 0{,}59$ cm und $W' = 241$ für 1 qcm

$$s_{mz} = \frac{79\cdot 7{,}5 + 5{,}44\cdot 0{,}59\cdot 7{,}5}{241} - \frac{5{,}44\cdot 7{,}5}{90+21\cdot 1{,}05} = 2{,}56 - 0{,}365 = 2{,}195 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Demnach würde die Platte nun über das oben berechnete Maſs hinaus belaſtet werden können, ohne daſs Riſſe zu erwarten wären. Die Tragfähigkeit der Platte iſt hiermit für den Fall, daſs feine Riſſe nicht geſcheut werden, bei weitem nicht ausgenutzt; ihre Leiſtungsfähigkeit für dieſen Fall wird weiter unten unterſucht werden.

Da das Zuſammenwirken von Momenten und Längskräften bei den Wölbungen die Regel bildet, ſo wird auf die Gleichungen 12, 13, 15, 16 u. 17 bei der Erörterung der Berechnung gewölbter Fachausfüllungen zurückverwieſen werden.

c) Die Platte nimmt nur Biegungsmomente auf; die Möglichkeit des Entſtehens feiner Riſſe braucht nicht ausgeſchloſſen zu werden.

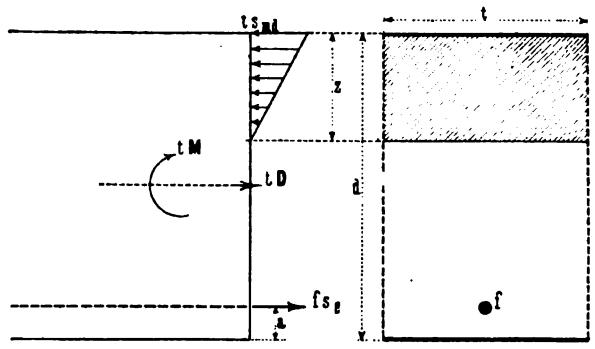
245. Platte nur gebogen; feine Riſſe zuläſſig.

In dieſem Falle kann die Einlage der Zugſeite voll ausgenutzt werden, ebenſo die volle zuläſſige Druckſpannung s_{md} des Plattenkörpers. Einlagen in der Druckſeite

Digitized by Google

ſind hier von ſehr geringem Einfluſſe und ſollen daher ſelbſt für den Fall vernachläſſigt werden, daſs mit Rückſicht auf wechſelnden Sinn der Angriffsmomente zwei gleich weit von der Mitte entfernte Einlagen ausgeführt werden.

Fig. 427.



Werden die früheren Bezeichnungen beibehalten, auſserdem die Höhe des ſich nicht öffnenden, unter Druck liegenden Fugenteiles gleich z (Fig. 427), das Verhältnis $\frac{s_e}{s_{md}} \frac{E_m}{E_e} = m$ und wie früher $E_e : E_m = n$ geſetzt, ſo kann es ſich zunächſt darum handeln, eine Platte für eine gegebene Laſt, alſo ein gegebenes Moment und beſtimmte Spannungswerte einzurichten, d. h. von den in Fig. 427 angegebenen Gröſsen d, t und z zu berechnen. Für dieſen Fall gilt der Gleichungsſatz:

$$t = f s_e \sqrt{\frac{2\,(2+3m)}{3\,s_{md}\,M}}\;;\quad d = a + \frac{2\,f\,s_e\,(1+m)}{t\,s_{md}}\;;\quad z = \frac{d-a}{1+m} \qquad \ldots \quad 18.$$

Soll dagegen beſtimmt werden, welche Spannung s_{md} ein Plattenſtreifen bekannter Breite t unter der Wirkung eines gegebenen Moments, alſo gegebener Laſt, erleidet und wie dick dieſe Platte ſein muſs, ſind alſo s_{md}, d und z zu beſtimmen, ſo benutze man:

$$s_{md} = \frac{f s_e}{t}\left[\frac{2}{3}\frac{f s_e}{M t} + \sqrt{\frac{2\,s_e}{M}\left(\frac{1}{n} + \frac{2 f^2 s_e}{9 M t^2}\right)}\right];\quad d \text{ und } z \text{ wie in Gleichung 18} \ldots \quad 19.$$

Soll ſchlieſslich ermittelt werden, welches Moment M, d. h. welche Laſt eine gegebene Platte bei beſtimmtem s_{md} tragen kann und wie groſs dabei s_e wird, ſo folgen z, s_e und M aus:

$$z = \frac{n f}{t}\left[\sqrt{1 + \frac{2\,t}{n f}(d-a)} - 1\right];\quad s_e = \frac{s_{md}\,z\,t}{2f};\quad M = \frac{s_{md}\,z}{2}\left(d - a - \frac{z}{3}\right) \ldots \quad 20.$$

Wird z. B. bei der zu Gleichung 15 als Beiſpiel unterſuchten *Kleine*'ſchen Platte das Entſtehen feiner Riſſe zugelaſſen, s_{md} mit 10^{kg} für 1^{qcm} feſtgeſetzt und beſtimmt, wieviel die Platte nun ſtatt der oben gefundenen 294^{kg} für 1^{qm} tragen darf, ſo ergiebt ſich nach Gleichung 20

$$z = \frac{21 \cdot 1{,}05}{7{,}5}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 7{,}5}{21 \cdot 1{,}05}(12 - 2{,}75)} - 1\right] = 5^{cm};\quad s_e = \frac{10 \cdot 5 \cdot 7{,}5}{2 \cdot 1{,}05} = 179^{kg} \text{ für } 1^{qcm};$$

$$M = \frac{10 \cdot 5\,(12 - 2{,}75 - 5/3)}{2} = 189{,}5^{cmkg}.$$

Die aufzunehmende Verkehrslaſt p folgt dann aus $\frac{(0{,}012 + p + 12 \cdot 0{,}0018)\,100^2}{8} = 189{,}5$ mit $p = 0{,}118^{kg}$ für 1^{qcm} oder 1180^{kg} für 1^{qm}, wobei das Einlageeiſen mit 179^{kg} für 1^{qcm} noch ſehr ſchwach ausgenutzt iſt.

Soll dagegen eine 150^{cm} weite Platte aus Beton mit $s_{md} = 25^{kg}$ für 1^{qcm} für 3000^{kg} für 1^{qm} Nutzlaſt unter Benutzung von ⊥-Eiſen $3 \times 3 \times 0{,}4^{cm}$ mit $f = 2{,}24^{qcm}$ als Einlagen bei der Elaſtizitätsziffer $E_m = 150000^{kg}$ für 1^{qcm} und $s_e = 800^{kg}$ für 1^{qcm}, alſo $m = \frac{800 \cdot 150000}{25 \cdot 2100000} = 2{,}28$ unter Zulaſſung feiner Riſſe auf der Zugſeite mit $a = 2{,}0^{cm}$ durchgebildet werden, welche noch $g = 0{,}02^{kg}$ für 1^{qcm} Fuſsbodenlaſt zu tragen hat, ſo iſt zunächſt das Eigengewicht der für dieſen Zweck mit 15^{cm} Dicke eingeführten Platte bei 2200^{kg} für 1^{cbm} Gewicht des Betons mit $15 \cdot 0{,}0022 = 0{,}033^{kg}$ für 1^{qcm} zu

Digitized by Google

ſchätzen und das Moment mit $M = \frac{1}{8}(0{,}02 + 0{,}8 + 0{,}033)\ 150^2 = 995$ cmkg feſtzuſetzen; dann wird nach Gleichung 18

$$t = 2{,}24 \cdot 800 \sqrt{\frac{2\,(2+3\cdot 2{,}28)}{3\cdot 25\cdot 995}} = 27{,}5\text{ cm}; \quad d = 2 + \frac{2\cdot 2{,}24\cdot 800\,(1+2{,}28)}{27{,}5\cdot 25} = 17{,}1\text{ cm}$$

$$\text{und} \quad z = \frac{17{,}1-2}{1+2{,}28} = 4{,}6\text{ cm}.$$

Man wird hier alſo die oberſten 4,6 cm der 17,1 cm dicken Platte mit beſonderer Sorgfalt und aus beſtem Beton zu bilden haben, während der untere Beton in 12,5 cm Dicke etwas magerer ſein kann; doch darf keine das Anbinden ſtörende Trennungsfuge zwiſchen beiden Lagen liegen.

Die Rechnung zu wiederholen, weil die Plattendicke für die Gewichtsbeſtimmung mit 15 cm eingeführt, ſpäter aber mit 17,1 cm ermittelt wurde, iſt erſt bei gröſseren derartigen Abweichungen erforderlich.

Beſonders iſt noch hervorzuheben, daſs nach den Gleichungsſätzen 18 bis 20 auch *Hennebique*-Decken (ſiehe Fig. 277 u. 278, S. 141), Decken nach Fig. 270 u. 271 (S. 138), ſowie *Moeller*'ſche Decken (ſiehe Fig. 284, S. 143) und ſolche von *Szarbinowski* (ſiehe Fig. 366 bis 368, S. 173) berechnet werden können, wenn man unter s die Stärke der oberen durchlaufenden Platte, unter d die Geſamtdicke dieſer und der Verſtärkungsrippen, unter t die Teilung der Verſtärkungsrippen, unter f den ganzen in einer Rippe enthaltenen Eiſenquerſchnitt und unter a den Abſtand des Schwerpunktes dieſes Eiſenquerſchnittes von der Rippenunterkante verſteht.

b) Die Platte nimmt Biegungsmomente und Längsdruck auf; die Möglichkeit des Entſtehens feiner Riſſe braucht nicht ausgeſchloſſen zu werden.

246 Platte gedrückt und gebogen; feine Riſſe zuläſſig.

Zu den früheren Bezeichnungen kommt hier der Längsdruck D (Fig. 427). Wie früher wird $E_e : E_m = n$ und $s_e\ E_m : s_{md}\ E_e = m$ geſetzt.

Soll die Plattenſtärke aus der Belaſtung beſtimmt werden, werden alſo d, s und t geſucht, ſo benutze man folgenden Gleichungsſatz:

$$\left.\begin{aligned} &\text{Hilfsgröſsen: } \alpha = a + \frac{3\,D\,(1+m)^2}{2\,s_{md}\,(2+3\,m)}, \quad \beta = 6\,\frac{(M - D\,a)\,(1+m)^2}{s_{md}\,(2+3\,m)} - a^2, \\ &d = \alpha\left(1 + \sqrt{1+\frac{\beta}{\alpha^2}}\right), \quad s = \frac{d-a}{1+m}, \quad t = \frac{2\,f\,s_e}{-2\,D + s_{md}\,z}. \end{aligned}\right\} \quad 21.$$

Da der Gleichungsſatz 21 auf der Annahme beruht, daſs ſich der Zugſpannungen ausgeſetzte Teil des Querſchnittes des Verbundkörpers wegen Ueberſchreitung der Zugfeſtigkeit geöffnet habe, alſo keine Spannung mehr aufnimmt, ſo gelten die Gleichungen nicht, wenn der Längsdruck D ſo groſs wird, daſs dieſes Ueberſchreiten der Zugfeſtigkeit nicht eintritt oder daſs gar der ganze Querſchnitt unter Druckſpannung bleibt. Letzterer Fall tritt ein, wenn unter Einfügen der nach Gleichung 21 ermittelten Werte d und z

$$D > \frac{s_{md}\,z}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 22.$$

wird, weil ſich dann t negativ ergiebt, was beweiſt, daſs die ganze Zugſpannung des Eiſens durch Druck überwogen wird. Ob die etwa auftretende Zugſpannung unter der Zugfeſtigkeit bleibt, iſt durch Löſung der Gleichung 16 oder 17 nach D zu ermitteln, wenn man hier für s_{mz} die Zuggrenze s_{gr} und für die übrigen Gröſsen die bei der vorläufigen Berechnung nach Gleichung 21 erhaltenen Werte unter beliebiger Wahl eines poſitiven t einführt. Dann lautet die Bedingung dafür, daſs der Gleichungsſatz 21 nicht mehr verwendet werden darf,

Digitized by Google

bei Platten mit zwei Einlagen:

$$D \geqq \left(\frac{M}{W''} - \frac{s_{max}}{t}\right)(F + nf), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 23.$$

bei Platten mit einer Einlage:

$$D \geqq \left(\frac{M}{W'} - \frac{s_{max}}{t}\right) : \left(\frac{1}{F + nf} - \frac{\zeta}{W'}\right) \quad \ldots \ldots \quad 24.$$

Wird die Bedingung der Gleichung 22 oder die dem Falle entſprechende der Gleichungen 23 oder 24 erfüllt, ſo kann der Gleichungsſatz 21 nicht auf den Fall angewendet, vielmehr muſs nach Gleichung 16 oder 17 gerechnet werden.

Uebrigens liefert der Gleichungſatz 21 wegen der Vernachläſſigung der auch bei Eintreten feiner Riſſe in einem gewiſſen Querſchnittsteile auftretenden, günſtig wirkenden Zugſpannungen, auch für die Fälle, in denen er verwendbar iſt, etwas zu ſtarke Werte, ſo daſs man ſie unbedenklich nach unten abrunden kann.

Soll die zuläſſige Leiſtung einer gegebenen Platte ermittelt werden, ſind alſo M, D und z zu berechnen, ſo benutze man die Gleichungen:

$$z = \frac{d-a}{1+m}; \quad D = -\frac{f s_e}{t} + \frac{s_{md} z}{2}; \quad M = \frac{f s_e (d - a - z/3)}{t} + \frac{D}{6}(3d - 2z) \quad . \quad 25.$$

Beiſpiel. Wäre die zu Gleichung 18 ausgerechnete Verbundplatte auſser dem Moment von 995 kg für 1 cm Länge auch noch dem Längsdrucke $D = 40$ kg ausgeſetzt, ſo folgten die bei faſt unveränderten Grundlagen nun nötigen Abmeſſungen nach Gleichung 21 mit:

$$\alpha = 2 + \frac{3 \cdot 40\ (1 + 2{,}28)^2}{2 \cdot 25\ (2 + 3 \cdot 2{,}28)} = 4{,}925, \qquad \beta = 6\ \frac{(995 - 40 \cdot 2)\ (1 + 2{,}28)^2}{25\ (2 + 3 \cdot 2{,}28)} - 2^2 = 263;$$

alſo

$$d = 4{,}925\left(1 + \sqrt{1 + \frac{263}{4{,}925^2}}\right) = 21{,}8\text{ cm}, \qquad z = \frac{21{,}8 - 2}{1 + 2{,}28} = 6{,}05\text{ cm},$$

$$t = \frac{2 \cdot 2{,}24 \cdot 800}{-2 \cdot 40 + 25 \cdot 6{,}05} = 50{,}2\text{ cm}.$$

Dieſe Platte iſt ſomit wegen des Längsdruckes um 4 cm ſtärker geworden. Dies iſt erklärlich, weil, auf die Zugſpannungen im Mörtel gar nicht mehr gerechnet wurde, der Längsdruck alſo die Druckſpannungen erhöht und die Eiſeneinlagen entlaſtet. Daher iſt die Teilung der letzteren auch von 27,5 cm auf 50,2 cm gewachſen; an Eiſen wird demnach durch den Längsdruck geſpart.

Hätte man die Leiſtungsfähigkeit der ſo feſtgeſtellten Platte mit $d = 21{,}8$ cm, $t = 50{,}2$ cm, $f = 2{,}24$ qcm $e_e = 800$ kg, $s_{md} = 25$ kg, $E_m = 150000$ kg und $E_e = 2100000$ kg für 1 qcm, alſo $n = \frac{2100000}{150000} = 14$ und $m = 2{,}28$, $a = 2{,}0$ cm zu ermitteln gehabt, ſo würde dieſe aus Gleichung 25 folgen mit

$$z = \frac{21{,}8 - 2}{1 + 2{,}28} = 6{,}05; \quad D = -\frac{2{,}24 \cdot 800}{50{,}2} + \frac{25 \cdot 6{,}05}{2} = 40\text{ kg};$$

$$M = \frac{2{,}24 \cdot 800\ \left(21{,}8 - 2 - \frac{6{,}05}{3}\right)}{50{,}2} + \frac{40}{6}(3 \cdot 21{,}8 - 2 \cdot 6{,}05) = 995\text{ cmkg}.$$

Für ſehr groſse Drücke D wird t nach Gleichung 21 negativ; dies beweiſt dann vollſtändige Entlaſtung der Eiſeneinlagen. t wird ∞ für $D = \frac{s_{md} z}{2}$; dieſer Druck macht dann die Einlagen gerade unnötig.

e) Die Zugſpannungen im gezogenen Plattenteile werden bis zur Streckgrenze s_{st} der Umhüllung als wirkſam eingeführt.

247. Zugſpannungen bis zur Streckgrenze berückſichtigt.

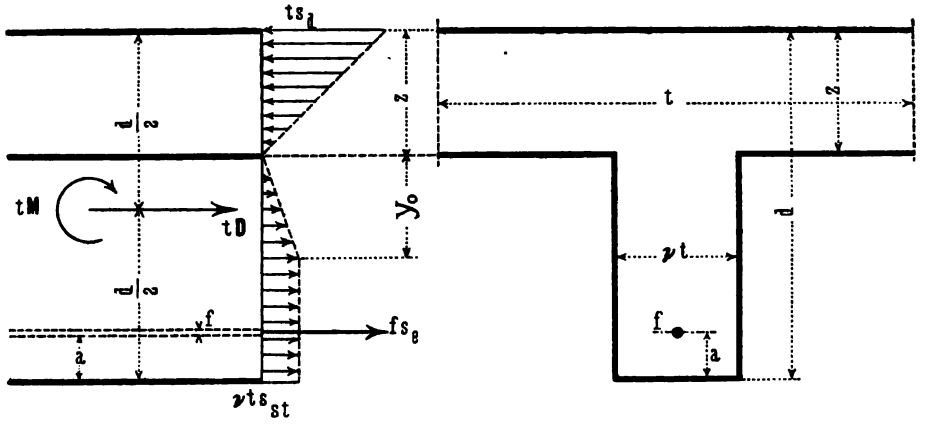
Der Zuſtand der Platte, welcher ſich auf dieſer in Art. 105 (S. 113) beſprochenen Grundlage entwickelt, iſt in Fig. 428 dargeſtellt. Für dieſen Fall werden in möglichſter Uebereinſtimmung mit den früheren die folgenden Bezeichnungen

Digitized by Google

eingeführt: E_e Elaſtizitätsziffer des Eiſens, E_d der Umhüllung für Druckſpannung, E_z der Umhüllung für Zugſpannungen bis zur Streckgrenze s_{st}; s_d gröſste Druckſpannung in der Umhüllung und s_e Spannung in den Einlagen.

Die Plattenmaſse gehen aus Fig. 428 hervor; der Allgemeinheit wegen iſt gleich die durch Rippen verſtärkte Decke zu Grunde gelegt, wie ſie nach Fig. 267

Fig. 428.



u. 268 (S. 137), 270 u. 271 (S. 138), 277 bis 279 (S. 141), 283 u. 284 (S. 143), 286 (S. 145), 288 (S. 146) u. 293 (S. 147) in der verſchiedenartigſten Weiſe zur Ausführung gelangen. t iſt dabei die Rippenteilung, f der Querſchnitt ſämtlicher Einlagen einer Rippe und νt die Rippenbreite. Iſt die Platte unten glatt, ſo iſt $\nu = 1$ zu ſetzen, und t bezeichnet dann die Teilung der einzelnen Einlagen, jede des Querſchnittes f.

M iſt wieder das Biegungsmoment, D der Längsdruck für die Tiefeneinheit der Platte, und zwar wird D als in der Mitte der Geſamtdicke d wirkend eingeführt; wirkt es um δ aufserhalb dieſer Mitte, ſo füge man D in der Dickenmitte poſitiv und negativ hinzu und ſchlage das Moment $\pm D\delta$ zu dem aus den Laſten ermittelten M, dann mit Recht D als in der Dickenmitte wirkſam einführend.

Nun führe man die folgenden vorweg zu berechnenden Hilfsgröſsen ein, indem man für ν eine zweckmäſsig erſcheinende Annahme macht:

$$r = \frac{s_{st}}{s_e}\frac{E_e}{E_z}, \qquad n = \frac{s_d}{s_e}\frac{E_e}{E_d}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad 26.$$

$$N = \frac{1}{2(1+n)^2}\left\{s_d\frac{n(2n+3)}{3} - \nu s_{st}\left[1 - r\left(1 - \frac{r}{3}\right)\right]\right\} \quad \ldots \quad 27.$$

Die Abmeſſungen der Platte ſind dann zu beſtimmen nach

$$d = a + \frac{1}{N}\left[\frac{D}{4} + \sqrt{\left(\frac{D}{4}\right)^2 + N\left(M - \frac{a}{2}(D + \nu a s_{st})\right)}\right] \quad \ldots \quad 28.$$

$$z = \frac{n}{1+n}(d-a) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 29.$$

$$t = \frac{f s_e}{s_d\frac{z}{2} - D - \nu s_{st}\left[(d-z)\left(1 - \frac{r}{2}\right) + \frac{ar}{2}\right]} \quad \ldots\ldots \quad 30.$$

Wirkt M allein ohne Längsdruck D, ſo iſt D in dieſen Gleichungen 28 u. 30

Digitized by Google

gleich Null zu ſetzen. In allen Fällen iſt der Abſtand y_o der Stelle, an der die Streckgrenze s_{st} erreicht wird, von der Nulllinie (Fig. 428)

$$y_o = r\,(d - a - z). \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 31.$$

Bei den Rippenplatten, für die $\nu < 1$ iſt, wird die obere Druckplatte mit der Dicke z ausgeführt.

Auch dieſe Gleichungen haben einen beſtimmten Gültigkeitsbereich, der durch die Bedingung

$$D + \nu s_{st}\left[(d - z)\left(1 - \frac{r}{2}\right) + \frac{a r}{2}\right] < \frac{s_d z}{2} \quad \ldots \ldots \quad 32.$$

feſtgelegt wird. Hierin iſt D nötigenfalls wieder gleich Null zu ſetzen. Wird dieſe Bedingung nicht erfüllt, ſo ergiebt ſich für die Platte eine negative Teilung t; daraus darf man aber nicht ſchlieſsen, daſs die Eiſeneinlagen nun überflüſſig ſeien; denn die Annahme, daſs Zugſpannungen bis zur Höhe s_{st} nach Fig. 428 auftreten, iſt nach Art. 105 (S. 113) an das wirkliche Vorhandenſein von Eiſeneinlagen gebunden. Man wird die Platte in ſolchen Fällen mit den nach den Gleichungen 28 u. 29 und der Annahme für ν erhaltenen Maſsen ausführen und verhältnismäſsig wenige und ſchwache Einlagen nach Gutdünken ſo machen, daſs die in Art. 105 (S. 113) erörterten Geſichtspunkte die Annahme der Zuläſſigkeit der Ausnutzung der Zugſpannungen bis zur Höhe s_{st} berechtigt erſcheinen laſſen.

Ergiebt die gemachte Annahme für ν unzweckmäſsige Abmeſſungen, ſo wiederhole man die Rechnung mit einer zweckmäſsigeren Annahme für dieſes Verhältnis.

Beiſpiel 1. Ein $2{,}80^{\,m}$ weites Balkenfach ſoll mit einer Verbundplatte gedeckt werden, welche unten glatt iſt ($\nu = 1$). Die Decke trägt:

Eſtrich mit Linoleum	50^{kg}	für 1^{qm}
Deckenputz	40^{kg}	»
Eigengewicht der Platte, geſchätzt	350^{kg}	»
Verkehrslaſt	500^{kg}	»
im ganzen	940^{kg}	für 1^{qm}.

Die Laſt für 1^{qcm} beträgt alſo: $0{,}01 \cdot 0{,}01 \cdot 940 = 0{,}094^{kg}$ für 1^{qcm}.

Die einzuſetzenden Spannungen ſind für den verwendeten guten Beton $s_d = 30^{kg}$ für 1^{qcm}, $s_{st} = 4^{kg}$ für 1^{qcm}, für das Eiſen $s_e = 800^{kg}$ für 1^{qcm}, die Elaſtizitätsziffern $E_d = 150000^{kg}$ für 1^{qcm}, $E_z = 70000^{kg}$ für 1^{qcm} und $E_e = 2100000^{kg}$ für 1^{qcm}. Alsdann iſt nach Gleichung 26

$$r = \frac{4 \cdot 2100000}{800 \cdot 70000} = 0{,}15, \quad n = \frac{30 \cdot 2100000}{800 \cdot 150000} = 0{,}525$$

und nach Gleichung 27

$$N = \frac{1}{2 \cdot 1{,}525^2}\left\{30\,\frac{0{,}525\,(1{,}050 + 3)}{3}\left[-1 \cdot 4\,1 - 0{,}15\left(1 - \frac{0{,}15}{3}\right)\right]\right\} = 3{,}72;$$

ſomit nach Gleichung 28

$$d = 1{,}5 + \frac{1}{3{,}72}\sqrt{3{,}72\left(\frac{0{,}094 \cdot 250^2}{8} - \frac{1{,}5^2}{2}\,1 \cdot 4\right)} = 1{,}5 + 14 = 15{,}5^{\,cm},$$

wenn die Drahtmitte $a = 1{,}5^{\,cm}$ von Unterkante gelegt wird. Der Draht hat 6^{mm} Durchmeſſer, alſo $f = \frac{0{,}6^2\pi}{4} = 0{,}282^{\,qcm}$.

Weiter folgt aus Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}525}{1{,}525}\,(15{,}5 - 1{,}5) = 4{,}8^{\,cm}$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0{,}282 \cdot 800}{30\,\frac{4{,}8}{2} - 1{,}4\left[(15{,}5 - 4{,}8)\left(1 - \frac{0{,}15}{2}\right) + \frac{1{,}5 \cdot 0{,}15}{2}\right]} = \frac{225}{72 - 40} = 7{,}05^{\,cm}.$$

Digitized by Google

Nach Gleichung 31 ist $y_o = 0{,}15\,(15{,}5 - 1{,}5 - 4{,}8) = 1{,}38\,\text{cm}$; demnach tragen die unteren $15{,}5 - 4{,}8 - 1{,}38 = 9{,}32\,\text{cm}$ der Dicke die volle Streckgrenzenspannung $s_{st} = 4\,\text{kg}$ für $1\,\text{qcm}$.

D ist überall gleich Null gesetzt.

Die Bedingung der Gleichung 32 ist erfüllt, wie sich schon aus dem Positivwerden von t ergiebt.

Die Platte ist also $15{,}5\,\text{cm}$ dick zu machen; jedoch kann bei guter Herstellung der obere Estrich in diese Dicke mit eingerechnet werden. Sie erhält $6\,\text{mm}$ dicke Einlagen in $7{,}05\,\text{cm}$ Teilung mit der Mitte $1{,}5\,\text{cm}$ von der Unterkante. Das Gewicht der Platte ist bei $2200\,\text{kg}$ für $1\,\text{cbm}$ Gewicht des Betons mit Eisen $0{,}155 \cdot 2200 = 341\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$, während $350\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$ eingeführt sind.

Beispiel 2. Ein $7{,}50\,\text{m}$ breiter Ausstellungssaal, in welchem $600\,\text{kg}$ Verkehrslast auf $1\,\text{qm}$ aufzunehmen sind, soll eine Verbunddecke mit unten vorspringenden Rippen erhalten; die Rippen sollen etwa ein Sechstel der Saallänge einnehmen; $\nu = 0{,}17$.

Die Lasten sind:	Blind- und Parkettboden	$70\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$
	Deckenputz	$40\,\text{kg}$ »
	Durchschnittliches Gewicht der Decke .	$390\,\text{kg}$ »
	Verkehrslast	$600\,\text{kg}$ »
	im ganzen	$1100\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$

oder $p = 1{,}1\,\text{t}$ für $1\,\text{qm}$. Demnach ist das aufzunehmende Biegungsmoment für $1\,\text{m}$ Saallänge $M = \frac{1{,}1 \cdot 7{,}5^2}{8} = 7{,}75\,\text{mt}$. Für sorgfältig ausgeführten Beton wird $s_d = 350\,\text{t}$ für $1\,\text{qm}$, $s_z = 50\,\text{t}$ für $1\,\text{qm}$, $E_d = 1\,800\,000\,\text{t}$ für $1\,\text{qm}$, $E_z = 750\,000\,\text{t}$ für $1\,\text{qm}$ eingeführt. s_e wird für guten Draht $= 16\,000\,\text{t}$ für $1\,\text{qm}$, $E_e = 21\,000\,000\,\text{t}$ für $1\,\text{qm}$ gesetzt. Nach Gleichung 26 ist $r = \frac{50 \cdot 21\,000\,000}{16\,000 \cdot 750\,000} = 0{,}0875$, $n = \frac{350 \cdot 21\,000\,000}{16\,000 \cdot 1\,800\,000} = 0{,}255$;

nach Gleichung 27: $N = \frac{1}{2 \cdot 1{,}255^2}\left\{350\,\frac{0{,}255 \cdot 3{,}51}{3} - 0{,}17 \cdot 50\left[1 - 0{,}0875\left(1 - \frac{0{,}0875}{3}\right)\right]\right\} = 30{,}7$.

In jede Rippe werden 6 Drähte von $1{,}6\,\text{cm}$ Durchmesser mit der Mitte um $a = 0{,}02\,\text{m}$ von Unterkante; f ist also $6\frac{0{,}016^2\pi}{4} = 0{,}00121\,\text{qm}$.

Nach Gleichung 28 ist demnach für $D = 0$

$$d = 0{,}02 + \frac{1}{30{,}7}\sqrt{30{,}7\left(7{,}75 - \frac{0{,}02^2}{2}\,0{,}17 \cdot 50\right)} = 0{,}02 + 0{,}502 = 0{,}522\,\text{m},$$

nach Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}255}{1{,}255}\,(0{,}522 - 0{,}02) = 0{,}102\,\text{m}$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0{,}00121 \cdot 16000}{350 \cdot \frac{0{,}102}{2} - 0{,}17 \cdot 50\left[(0{,}522 - 0{,}102)\left(1 - \frac{0{,}0875}{2}\right) + \frac{0{,}02 \cdot 0{,}0875}{2}\right]} = 1{,}34\,\text{m}.$$

Die Rippenbreite beträgt $\nu t = 0{,}17 \cdot 1{,}34 = 0{,}228 = \backsim 0{,}23\,\text{m}$.

Die durchschnittliche Plattendicke ist $0{,}102 + \frac{0{,}228 \cdot (0{,}522 - 0{,}102)}{1{,}34} = 0{,}173\,\text{m}$, also das Gewicht $2200 \cdot 0{,}173 = 380\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$; eingeführt sind $390\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$; die Bedingung der Gleichung 32 ist erfüllt.

Nun ist zu prüfen, ob die obere Platte mit $z = 0{,}102\,\text{cm}$ Tragdicke genügt, um die Lasten nach den Rippen hin zu übertragen.

Die Last ist hier:	Fussboden und Deckenputz	$110\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$
	Plattengewicht $0{,}102 \cdot 2200$	$225\,\text{kg}$ »
	Verkehrslast	$600\,\text{kg}$ »
	im ganzen	$935\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$

oder $0{,}935\,\text{t}$ für $1\,\text{qm}$; also ist das negative Moment im Anschlusse der Platte an die Rippe bei $1{,}34 - 0{,}23 = 1{,}11\,\text{m}$ Lichtweite als Endeinspannungsmoment $\frac{0{,}935 \cdot 1{,}11^2}{12} = 0{,}096\,\text{mt}$. Hier werden Drähte von $6\,\text{mm}$ Dicke mit $f = \frac{0{,}006^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}0000282\,\text{qm}$ in $a = 0{,}015\,\text{m}$ Mittenabstand von Unterkante der glatten Platte eingelegt, für die also $\nu = 1$ ist. Demnach ist nach Gleichung 28 die erforderliche Stärke der oberen Platte

Digitized by Google

$$d = 0{,}015 + \frac{1}{30{,}7}\sqrt{30{,}7\left(0{,}096 - \frac{0{,}015^2}{2}\,1 \cdot 50\right)} = 0{,}015 + 0{,}049 = 0{,}064\ \text{m};$$

dabei wäre nach Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}255}{1{,}255}(0{,}064 - 0{,}015) = 0{,}01\ \text{m}$$

Fig. 429.

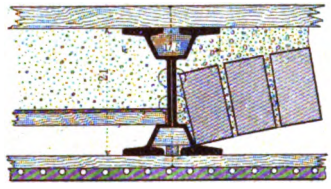
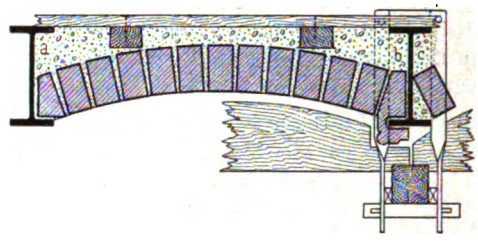


Fig. 430.



und nach Gleichung 30

$$t = \frac{16\,000 \cdot 0{,}0000282}{350\,\frac{0{,}01}{2} - 1 \cdot 50\left[\left(0{,}064 - 0{,}01\right)\left(1 - \frac{0{,}0875}{2}\right) + \frac{0{,}015 \cdot 0{,}0875}{2}\right]} = -0{,}53\ \text{m}.$$

Hier tritt alſo der Fall ein, daſs die Bedingung der Gleichung 32 nicht erfüllt iſt; die Drähte ſind ſomit nach Gutdünken zu verteilen. Da die Platte aber als Druckgurtung der ganzen Decke aufserdem noch ſtatt 0,064 m nach obiger Rechnung 0,102 m ſtark gemacht werden muſs, ſo iſt ſie für die Uebertragung der Laſt nach den Rippen reichlich ſtark. Man wird ihr Drähte quer zu den Rippen in etwa 20 cm Teilung einlegen. Da die Zugſeite dieſer oberen Platte mitten in den Feldern unten, über den Rippen oben liegt, ſo müſſen die Einlagedrähte ſo geſchlängelt werden, daſs ſie über den Rippen der Oberkante, in den Feldmitten der Unterkante nahe treten.

Die Gleichungen 21 bis 32 werden ſpäter für die Berechnung von Wölbungen mit Eiſeneinlagen herangezogen werden, da bei ſolchen das gleichzeitige Auftreten von Momenten und Längsdrücken die Regel bildet. Hier wird dann auch die Verwendung der Gültigkeitsbedingungen (Gleichungen 22 bis 24 u. 32) durch weitere Beiſpiele erläutert werden.

Fig. 431.

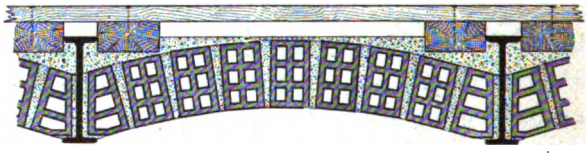


Fig. 432.

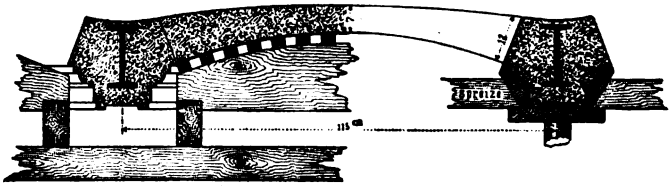


Fig. 433.

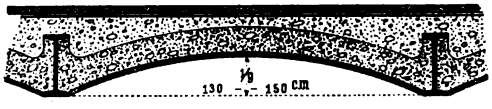


Fig. 434.

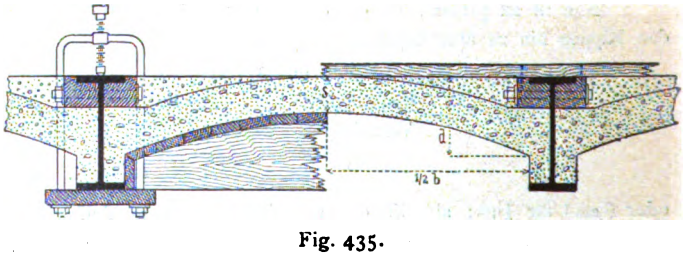
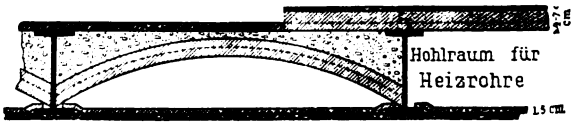


Fig. 435.



Digitized by Google

δ) Auswölbungen der Trägerfache.

248. Vorteile und Einteilung.

Die Auswölbung hat den grundſätzlichen Vorteil, daſs dabei ſtets Längsdruck neben den Biegungsmomenten erzeugt wird, auf deſſen günſtige Wirkung für die Fachausfüllungen ſchon wiederholt hingewieſen wurde.

Bei den gewölbten Fachausfüllungen iſt zu unterſcheiden zwiſchen ſolchen, die ohne Einlagen mit verhältnismäſsig groſsen Stärken auf breiter Kämpferfuge ſtehen und eben wegen des Mangels von Zuggliedeinlagen thunlichſt ſo durchgebildet werden, daſs ſie auch bei einſeitiger Belaſtung nur Druckſpannungen aufzunehmen haben, und ſolchen, die mit Zugeinlagen, aus beſten Stoffen in geringer Dicke ausgebildet, als in den Kämpfern frei verdrehbar angeſehen werden können, und bei denen einſeitige Belaſtung auf der belaſteten Seite unten, auf der unbelaſteten oben Zugſpannungen hervorruft.

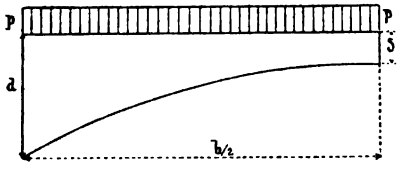
Beiſpiele der erſten Art geben Fig. 429 bis 435 für verſchiedene Backſtein- und Betonwölbungen; ein ſolches der zweiten Art zeigt Fig. 434 eine *Monier*-Fachausfüllung, bei der jedoch die dargeſtellte Mitteleinlage beſſer durch zwei nahe an den Aufsenflächen liegende Einlagen erſetzt wird.

ζ) Wölbungen aus Mauerwerk oder Beton ohne Einlagen.

249. Auswölbung ohne Einlagen und ohne Scheitelübermauerung.

Die Auswölbung der Balkenfache ohne Uebermauerung im Scheitel iſt üblich bei Betonwölbung (ſiehe Kap. 4, unter a, 3, α, S. 105 und a, 4, α, S. 130[330]), jedoch auch bei Backſteinwölbung (ſiehe Kap. 4, unter a, 1, S. 85 und a, 2, S. 97) verwendbar. Als Weite b der Wölbung wird in der Regel die Trägerteilung anzuſehen ſein; doch kann man, genau genommen, auch das Lichtmafs zwiſchen den Kanten der Trägerflanſchen einführen (Fig. 431, 432 u. 434).

Fig. 436.



Sind für eine derartige Wölbung (Fig. 436) die zuläſſige Beanſpruchung auf die Flächeneinheit des Kappenquerſchnittes s, das Gewicht der Kappe und der Schenkelübermauerung γ für die Raumeinheit, die gleichförmig verteilte Nutzlaſt p für die Flächeneinheit, ſo ſind in der Regel p, γ, b und s gegeben, und die ganze Wölbhöhe d, die Scheitelſtärke δ und der wagrechte Schub H' folgen aus

$$d = \frac{b^2 (6p + 5\gamma\delta) + 16 s \delta^2}{24 s \delta - \gamma b^2}; \quad \ldots \quad 33.$$

$$\delta = 0{,}75\, d - \frac{5}{32}\frac{\gamma b^2}{s} - \sqrt{\left(0{,}75\, d - \frac{5}{32}\frac{\gamma b^2}{s}\right)^2 - \frac{b^2}{16 s}(\gamma d + 6p)}; \quad \ldots \quad 34.$$

$$H' = \frac{s\delta}{2}. \quad \ldots \quad 35.$$

Der wagrechte Widerſtand, welchen ein unbelaſtetes Gewölbe einem benachbarten, voll belaſteten höchſtens leiſten kann, beträgt

$$H'' = \frac{\sqrt{9 s^2 (d - 2\delta)^2 + \gamma s b^2 (d + 5\delta)} - 3 s (d - 2\delta)}{8}. \quad \ldots \quad 36.$$

In gewiſſen Fällen, namentlich bei groſsem δ und kleinem d, kann ſich nach

330) Siehe: Engesser, F. Ueber die Feſtigkeit von Beton-Bogen. Deutſche Bauz. 1881, S. 580.

Digitized by Google

dieſen Formeln H'' gröſser als H' ergeben, was widerſinnig wäre. In ſolchen Fällen iſt dann $H'' = H'$ anzunehmen.

Beiſpiel. Für einen Speicherboden ſeien die Trägerteilung ($b =$) 1,60 m, die Belaſtung ($p =$) 750 kg auf 1 qm, das Gewicht des verwendeten Betons 2200 kg für 1 cbm und die zuläſſige Beanſpruchung (s) für die Betonmiſchung mit Rückſicht auf vorkommende Stöſse 30 000 kg für 1 qm; ſchliefslich ſoll der Scheitel die Stärke von 10 cm erhalten, ſonach $\delta = 0{,}10$ m ſein. Dann iſt nach Gleichung 33 die ganze Wölbhöhe

$$d = \frac{1{,}6^2\,(6 \cdot 750 + 5 \cdot 2200 \cdot 0{,}1) + 16 \cdot 30\,000 \cdot 0{,}1^2}{24 \cdot 30\,000 \cdot 0{,}1 - 2200 \cdot 1{,}6^2} = 0{,}228\text{ m},$$

und der Schub des Gewölbes für 1 m Länge nach Gleichung 35

$$H' = \frac{30\,000 \cdot 0{,}1}{2} = 1500\text{ kg};$$

ferner der Widerſtand des unbelaſteten Gewölbes nach der Gleichung 36

$$H'' = \frac{\sqrt{9 \cdot 30\,000^2 (0{,}228 - 2 \cdot 0{,}1)^2 + 2200 \cdot 30\,000 \cdot 1{,}6^2 (0{,}228 + 5 \cdot 0{,}1)} - 3 \cdot 30\,000\,(0{,}228 - 2 \cdot 0{,}1)}{8} = 1110\text{ kg}.$$

Wäre z. B. wegen beſtimmter Höhe der ganzen Decke von vornherein $d = 0{,}30$ m vorgeſchrieben, ſo wäre nach Gleichung 34

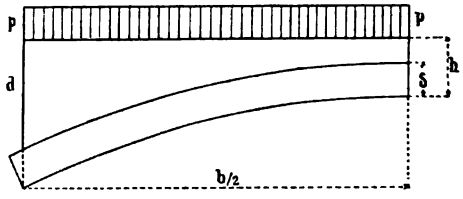
$$\delta = 0{,}75 \cdot 0{,}3 - \frac{5}{32}\,\frac{2200 \cdot 1{,}6^2}{30\,000} - \sqrt{\left(0{,}75 \cdot 0{,}3 - \frac{5}{32}\,\frac{2200 \cdot 1{,}6^2}{30\,000}\right)^2 - \frac{1{,}6^2}{16 \cdot 30\,000}\,(2200 \cdot 0{,}3 + 6 \cdot 750)} = 0{,}092\text{ m}$$

zu machen.

250. Auswölbung ohne Einlagen mit Scheitelübermauerung.

Die Auswölbung mit Uebermauerung im Scheitel (Fig. 430, 433) wird namentlich bei Backſteinwölbungen verwendet, iſt jedoch auch bei Betonwölbungen verwendbar, wenn man eine Wölbung aus fetter Miſchung von der mageren Ueberſchüttung geſondert herſtellt (Fig. 433). Das Gewicht der Uebermauerung kann in der Regel gleich dem der Wölbung γ geſetzt werden. Bei Backſteinwölbungen iſt hier δ gegeben, nämlich der gewählten Steinſtärke gleich zu ſetzen (ſiehe Fig. 430). Uebermauerung und Scheitel haben zuſammen die Stärke h.

Fig. 437.



Mit Bezug auf Fig. 437 ſind hier bei den obigen Bezeichnungen

$$d = \frac{8\,s\,\delta\,(3\,h - \delta) + b^2\,(6\,p + 5\,\gamma\,h)}{24\,\delta\,s - \gamma\,b^2}, \quad \ldots\ldots \quad 37.$$

$$\delta = 0{,}5\,\sqrt{9\,(d-h)^2 + \frac{b^2}{s}\left[\frac{\gamma\,(d+5\,h)}{2} + 3\,p\right]} - \frac{3}{2}\,(d-h), \quad . \quad 38.$$

$$H' = 0{,}5\,s\,\delta\,, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 39.$$

und der gröſstmögliche Gegenſchub des unbelaſteten Gewölbes

$$H'' = 0{,}125\left[\sqrt{9\,s^2\,(d-h-\delta)^2 + \gamma\,s\,b^2\,(d+5\,h)} - 3\,s\,(d-h-\delta)\right] \quad . \quad 40.$$

Würde hiernach $H'' > H'$, ſo wäre $H'' = H'$ anzunehmen. Bei durch die Trägerverhältniſſe feſtgeſetztem d und angenommenem δ kann h beſtimmt werden aus

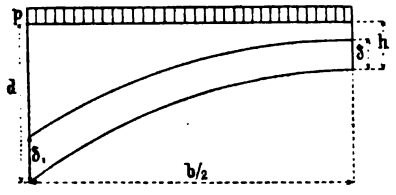
$$h = \frac{8\,s\,\delta\,(3\,d + \delta) - b^2\,(6\,p + \gamma\,d)}{5\,\gamma\,b^2 + 24\,s\,\delta} \quad \ldots\ldots \quad 41.$$

Eine üble Eigenſchaft aller Kappenwölbungen iſt die durch ſie erzeugte wagrechte Belaſtung der ſie aufnehmenden Träger, da dieſe in ſeitlicher Richtung nicht viel Widerſtand leiſten können, ſelbſt wenn man beſondere, teuere Trägerquer-

Digitized by Google

ſchnitte — etwa nach *Gocht*, *Klette* oder *Lindſay* (vergl. Art. 85, S. 95) — verwendet. Auf die entſprechende Trägerberechnung wird ſpäter eingegangen werden.

Fig. 438.



251. Kappen mit gleichem Schube auf der belaſteten und unbelaſteten Seite.

Die Kappen laſſen ſich jedoch ſo bemeſſen, daſs die unbelaſtete im ſtande iſt, ohne Ueberſchreitung der zuläſſigen Beanſpruchung einen dem Schube der benachbarten, belaſteten Kappe gleichen Widerſtand zu leiſten, wobei dann auf die Träger keine ſeitliche Belaſtung, ſondern nur ein geringes Verdrehungsmoment einwirkt, das jedoch in der Trägermitte bei voller Belaſtung den Wert Null hat und nach den Enden hin anwächſt, von den Trägern daher in der Regel leicht aufgenommen wird.

Die Abmeſſungen ſolcher Kappen gleichen Schubes ſind nach den Gleichungen 42 bis 51 zu beſtimmen, welche zugleich den Fall berückſichtigen, daſs Kappe und Uebermauerung verſchiedenes Einheitsgewicht γ und γ_1 haben (ſiehe Fig. 433 u. 438).

Zu unterſcheiden ſind noch die beiden Fälle, daſs die Kappe überall gleich ſtark iſt, oder daſs ſie ſo an Stärke zunimmt, daſs überall die lotrechte Abmeſſung der geneigten Wölbfugen gleich δ wird.

Für beide Fälle iſt (Fig. 438)

$$\delta_1 = \delta\,(1 + k), \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 42.$$

und zwar im erſteren Falle

$$k = 8\left(\frac{d-h}{b}\right)^2, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 43.$$

im letzteren Falle

$$k = 16\left(\frac{d-h}{b}\right)^2. \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 44.$$

Die Pfeile werden bei dieſen Kappen ſehr flach. Die Werte für k folgen für einige der gewöhnlichſten Pfeilverhältniſſe $\frac{d-h}{b}$ aus der nachſtehenden Zuſammenſtellung.

$\frac{d-h}{b} =$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{22}$
Kappenſtärke bleibt unverändert					
Gleichung 43: $k = 8\left(\frac{d-h}{b}\right)^2$	0,055	0,036	0,025	0,020	0,0165
Kappenſtärke wächſt					
Gleichung 44: $k = 16\left(\frac{d-h}{b}\right)^2$	0,111	0,072	0,050	0,040	0,033

Ein dem gerade vorliegenden Falle nach Schätzung entſprechender Wert für k iſt zunächſt anzunehmen; dann ergeben ſich die übrigen Abmeſſungen nach dem aus äuſseren Bedingungen von vornherein feſtſtehenden h, wie folgt:

$$\delta = \frac{b}{2}\sqrt{\frac{3p}{s\,(2+k)}}; \quad \ldots \ldots \ldots \quad 45.$$

Digitized by Google

$$d = h + b\,\frac{6\,[\gamma\,h\,(2+k) + p\,(1+2\,k)] + (\gamma_1 - \gamma)\,\delta\,(6+k)\,(2+k)}{\sqrt{432\,s\,p\,(2+k) - \gamma\,b\,(2+k)}}; \quad \ldots \quad 46.$$

$$H' = H'' = \frac{\delta\,s}{2}. \quad \ldots \quad 47.$$

Das Verdrehungsmoment für den Träger iſt

$$M_t = \frac{s\,\delta^2\,(1+k)}{6} \text{ für die Längeneinheit des Trägers.} \quad \ldots \quad 48.$$

Das Gewicht der Längeneinheit einer Kappe iſt (Fig. 438)

$$G = b\left[\frac{\gamma}{3}\,(d + 2\,h) + (\gamma_1 - \gamma)\,\frac{\delta}{2}\left(1 + \frac{k}{3}\right)\right]. \quad \ldots \quad 49.$$

Iſt das Einheitsgewicht der Uebermauerung gleich dem der Kappe, alſo $\gamma = \gamma_1$, ſo bleiben die obigen Gleichungen beſtehen; nur geht Gleichung 46 über in

$$d_{\gamma=\gamma_1} = h + b\,\frac{6\,[\gamma\,h\,(2+k) + p\,(1+2\,k)]}{\sqrt{432\,s\,p\,(2+k) - \gamma\,b\,(2+k)}} \quad \ldots \quad 50.$$

und Gleichung 39 in

$$G_{\gamma=\gamma_1} = \frac{\gamma\,b\,(d + 2\,h)}{3}. \quad \ldots \quad 51.$$

Ergiebt ſich in beſtimmtem Falle nach Gleichung 45 ein δ, welches gröſser iſt als das zunächſt angenommene h, ſo iſt in den weiteren Formeln δ ſtatt h einzuführen, und die Kappe erhält im Scheitel keine Uebermauerung.

Schlieſslich iſt zu prüfen, ob für die berechnete Kappe $\frac{d-h}{b}$, d. h. das Pfeilverhältnis, mit demjenigen übereinſtimmt, welches dem zuerſt angenommenen k-Werte nach Gleichung 43 oder 44 zu Grunde liegt. Iſt dies nicht der Fall, ſo iſt die Rechnung mit dem dem berechneten $\frac{d-h}{b}$ nach Gleichung 43 oder 44 entſprechenden k zu wiederholen. Da ſich jedoch die Gröſsen δ und d mit erheblichen Abweichungen von k nur langſam ändern, ſo wird dieſe Berichtigungsrechnung nur ſelten erforderlich werden.

Beiſpiel. In einem Lagerhauſe ſollen die Kappen zwiſchen Eiſenträgern ſo gewölbt werden, daſs letztere, abgeſehen vom Randträger, keinen Seitenſchub erhalten. Die Dicke der Decke ſoll an den ſchwächſten Stellen, wegen Dichtigkeit gegen Kälte, mindeſtens ($h =$) 18 cm betragen. Die Kappen werden in hartem Backſtein mit $\gamma_1 = 0{,}0018$ kg für 1 cbcm und mit Rückſicht auf Stöſse $s = 6$ kg für 1 qcm gewölbt, dann mit Schlackenbeton ($\gamma = 0{,}00123$ kg für 1 cbcm) überſtampft; die Trägerteilung iſt ($b =$) 150 cm und die zu tragende Verkehrslaſt ($p =$) 0,12 kg für 1 qcm.

Es iſt zunächſt bei Backſteinwölbung gleich bleibende Kappenſtärke vorauszuſetzen und daher nach der Zuſammenſtellung zu Gleichung 43, bei dem angenommenen Pfeilverhältniſſe $\frac{d-h}{b} = \frac{1}{20}$, $k = 0{,}02$ einzuführen. Dann wird nach Gleichung 45

$$\delta = \frac{150}{2}\sqrt{\frac{3 \cdot 0{,}12}{6 \cdot 2{,}02}} = 12{,}92 \text{ cm} = \backsim 13 \text{ cm},$$

und nach Gleichung 46

$$d = 18 + 150\,\frac{6\,(0{,}00123 \cdot 18 \cdot 2{,}02 + 0{,}12 \cdot 1{,}04) + (0{,}0018 - 0{,}00123) \cdot 12{,}92 \cdot 6{,}02 \cdot 2{,}02}{\sqrt{432 \cdot 6 \cdot 0{,}12 \cdot 2{,}02} - 0{,}00123 \cdot 150 \cdot 2{,}02} = 24{,}72 \text{ cm} = \backsim 25 \text{ cm};$$

ferner nach Gleichung 47

$$H' = H'' = \frac{12{,}92 \cdot 6}{2} = 37{,}8 \text{ kg für 1 lauf. Centim. Träger;}$$

Digitized by Google

nach Gleichung 48

$$M_t = \frac{6 \cdot 12{,}92^2 \cdot 1{,}02}{6} = 170 \text{ cmkg für 1 lauf. Centim. Träger;}$$

endlich nach Gleichung 49

$$G = 150 \left[\frac{0{,}00122}{3}(25 + 2 \cdot 18) + (0{,}0018 - 0{,}00122)\frac{13}{2}\left(1 + \frac{0{,}02}{3}\right)\right] = 4{,}31 \text{ kg für 1 lauf. Centim. Träger.}$$

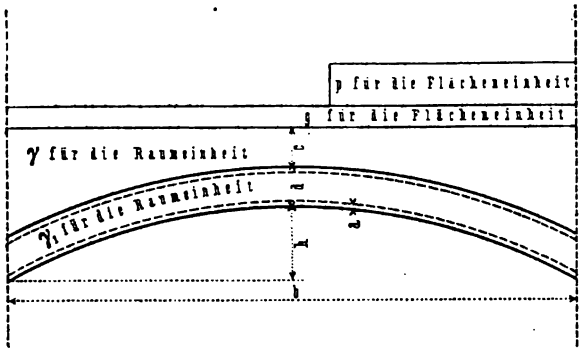
Bei dieſen Abmeſſungen wird $\frac{d-h}{b} = \frac{25-18}{150} = \frac{1}{21{,}4}$; angenommen war $\frac{1}{20}$. Dieſe Abweichung hat auf h einen ſo geringen Einfluſs, daſs die Berichtigungsrechnung nicht angeſtellt zu werden braucht.

B) Wölbungen mit Eiſeneinlagen; gewölbte Verbundkörper.

252. Gewölbte Verbundkörper.

Wölbungen mit Eiſeneinlagen werden da verwendet, wo die Querſchnitte auch Zugſpannungen ausgeſetzt ſein können, alſo dieſelben Anforderungen an die Wölbung geſtellt werden wie bei den Platten. Dies tritt namentlich ein, wenn die Spannweite gegen die Gewölbdicke groſs iſt und eine ſtarke Verkehrslaſt in beliebiger Verteilung bei groſser Spannweite getragen werden ſoll. In ſolchen Fällen haben die gefährlichſten Querſchnitte bei verſchiedenen Laſtſtellungen Biegungsmomente verſchiedenen Sinnes und faſt gleicher Gröſse aufzunehmen, ſo daſs bald die äuſsere, bald die innere Laibung die gezogene iſt und zwei Eiſeneinlagen zu verwenden ſind. Daneben tritt ſtets Längsdruck auf.

Fig. 439.



In Fig. 439 iſt der allgemeinſte Fall einer ſolchen Verbundwölbung der Dicke d im Scheitel mit zwei Einlagen, der Uebermauerung c, der Fuſsboden- und Füllſtofflaſt g und der Verkehrslaſt p bei der Spannweite b und dem Pfeile h angedeutet.

Die Wirkungen der Laſten ſind zunächſt zu beſtimmen nach den Gleichungen

für den Querſchnitt im Viertel der Weite b:

$$\left.\begin{aligned} H &= \frac{b^2}{8h}\left[\gamma_1 d + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + g + 0{,}4\,p\right];\\ V &= b\left[\frac{\gamma_1 d}{4} + \gamma\left(\frac{c}{4} + \frac{h}{48}\right) + \frac{g}{4} + 0{,}108\,p\right];\\ D &= \sqrt{H^2 + V^2};\quad M = b^2\,(0{,}00078 \cdot \gamma h + 0{,}0162\,p); \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 52.$$

für den Scheitelquerſchnitt

$$\left.\begin{aligned} D &= \frac{b^2}{8h}\left[\gamma_1 d + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + g + 0{,}259\,p\right];\\ M &= b^2\,(0{,}00417\,\gamma h + 0{,}00468\,p). \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 53.$$

Nach dieſen Kraftwirkungen, zu deren Feſtſtellung d zunächſt innerhalb weiter Grenzen zu ſchätzen iſt, erfolgt nun die Stärkenbeſtimmung des Verbundkörpers wie bei den Platten, wobei jedoch wieder zu unterſcheiden iſt, ob die Zugfeſtigkeit

Digitized by Google

der Umhüllung eingehalten werden mufs oder überfchritten werden darf, d. h. ob feine Riffe vermieden werden müffen, oder ob ihr Eintreten kein Bedenken hat, oder fchliefslich, ob nach den neueften Erfahrungen die Ausnutzung der Zugfpannungen bis zur Streckgrenze s_{st} zugelaffen wird. Ferner ift zu unterfcheiden, ob die Verbundwölbung überall gleiche Stärke haben oder ob die Stärke in den Schenkeln zunehmen foll; im erfteren Falle gilt nur Gleichung 52, in letzterem Gleichung 52 für den Querfchnitt im Viertel, Gleichung 53 für den Scheitelquerfchnitt.

253. Riffe ausgefchloffen; Bogen überall gleiche Stärke.

a) Die zuläffige Zugfpannung der Umhüllung $s_{m\,z}$ darf nicht überfchritten werden; die Wölbung erhält überall gleiche Stärke.

Man beftimme D und M nach Gleichung 52, hierauf nach den anzunehmenden Verhältniffen je nach Art der Einlagen aus Gleichung 10 oder 14 die Gröfse W'' und dann nach Gleichung 10: $s_{m\,z}$. Bleibt diefe Spannung unter der zuläffigen, fo war die angenommene Verbundwölbung zu ftark; überfteigt fie die zuläffige, fo war die Wölbung zu fchwach; die Rechnung ift zu wiederholen, bis genügende Uebereinftimmung erzielt ift.

Beifpiel. In einem Verwaltungsgebäude foll ein Raum mit $b = 300\,\text{cm}$ breiten Balkenfachen in Verbundwölbung mit zwei Einlagen aus beftem Beton mit $h = 20\,\text{cm}$ Pfeil eingewölbt und nachher in der unteren Laibung mit Stuck verziert werden, weshalb keine Riffe entftehen dürfen; deshalb wird für $s_{m\,z}$ die Grenze von 5 kg für 1 qcm feftgefetzt. Die zu tragende Laft ift $p = 0{,}05\,\text{kg}$ für 1 qcm und $\gamma_1 = 0{,}0022\,\text{kg}$ für 1 cbcm; die Ueberfüllung c beträgt zum Einlagern von Lagerhölzern 10 cm, und γ ift $0{,}0012\,\text{kg}$ für 1 cbcm; weiter ift Parkett- mit Blindboden mit $g = 0{,}004\,\text{kg}$ für 1 qcm zu tragen. Wird die Wölbdicke zunächft mit $d = 6\,\text{cm}$ angenommen, fo ift nach Gleichung 52

$$\left.\begin{aligned} H &= \frac{300^2}{8\cdot 20}\left[0{,}0022\cdot 6 + 0{,}0012\left(10+\frac{20}{5}\right) + 0{,}004 + 0{,}4\cdot 0{,}05\right] = 30{,}4\,\text{kg} \\ V &= 300\left[\frac{0{,}0022\cdot 6}{4} + 0{,}0012\left(\frac{10}{4}+\frac{20}{48}\right) + \frac{0{,}004}{4} + 0{,}108\cdot 0{,}05\right] = 4{,}0\,\text{kg} \end{aligned}\right\} D = \sqrt{30{,}4^2+4^2} = 30{,}6\,\text{kg};$$

$$M = 300^2\,(0{,}00078\cdot 0{,}0012\cdot 20 + 0{,}0162\cdot 0{,}05) = 74{,}3\,\text{cmkg}.$$

Wird der Verbundkörper mit Drähten von $1{,}0\,\text{cm}$ Durchmeffer $f = 0{,}785\,\text{qcm}$ in $t = 10\,\text{cm}$ Teilung bei $a = 1{,}5\,\text{cm}$ hergeftellt, ift die Elaftizitätsziffer des Betons $E_m = 200\,000\,\text{kg}$ für 1 qcm, diejenige des Eifens 2 100 000 kg für 1 qcm, alfo $n = E_e : E_m = 10{,}5$, fo wird $F = 6\cdot 10 = 60\,\text{qcm}$, alfo nach Gleichung 10

$$W'' = \frac{60\cdot 6}{6} + 10{,}5\cdot 0{,}785\left(6 - 4\cdot 1{,}5\,\frac{6-1{,}5}{6}\right) = 60 + 12{,}4 = 72{,}4,$$

und nach Gleichung 16

$$s_{m\,z} = \frac{74{,}3\cdot 10}{72{,}4} - \frac{30{,}6\cdot 10}{60 + 10{,}5\cdot 0{,}785} = 10{,}25 - 4{,}5 = 5{,}75\,\text{kg} \text{ und } s_{m\,d} = 10{,}25 + 4{,}5 = 14{,}75\,\text{kg für } 1\,\text{qcm}.$$

Die Wölbung ift alfo zur Minderung der zu hohen Zugfpannung etwa von 6 auf $6{,}5\,\text{cm}$ zu verftärken, oder die Drahteinlagen find enger zu legen, damit die Grenze von $s_{m\,z} = 5{,}0$ genau eingehalten wird.

254. Riffe ausgefchloffen; Bogenfchenkel verftärkt.

b) Die zuläffige Zugfpannung der Umhüllung $s_{m\,z}$ darf nicht überfchritten werden; die Wölbung erhält in den Schenkeln wachfende Stärke.

In folchen Fällen ift zunächft die obige Unterfuchung für den im Viertel der Spannweite liegenden Querfchnitt nach Gleichung 52, 10 oder 14 u. 16 durchzuführen, dann unter Beibehaltung derfelben Laften, aber unter Annahme einer geringeren Wölbftärke d nach Gleichung 53, 10 oder 14 u. 16 für den Scheitel.

Beifpiel. Sollte die zuletzt im Viertel der Weite berechnete Kappe im Scheitel verfchwächt werden, fo ift zunächft nach Gleichung 53

$$D = \frac{300^2}{8\cdot 20}\left[0{,}0022\cdot 6 + 0{,}0012\left(10+\frac{20}{5}\right) + 0{,}004 + 0{,}259\cdot 0{,}05\right] = 23{,}8\,\text{kg},$$

$$M = 300^2\,(0{,}00417\cdot 0{,}0012\cdot 20 + 0{,}00463\cdot 0{,}05) = 29{,}8\,\text{cmkg}.$$

Digitized by Google

Für $t = 10$, $n = 10{,}5$, $a = 1{,}5$ cm, $f = 0{,}785$ qcm (wie oben) und $d = 4$ cm ist $F = 4 \cdot 10 = 40$ qcm, also nach Gleichung 10

$$W'' = \frac{40 \cdot 4}{6} + 10{,}5 \cdot 0{,}785 \left(4 - 4 \cdot 1{,}5 \frac{4 - 1{,}5}{4}\right) = 28{,}8,$$

und nach Gleichung 16

$$s_{m\,z} = \frac{29{,}9 \cdot 10}{28{,}8} - \frac{23{,}5 \cdot 10}{40 + 10{,}5 \cdot 0{,}785} = 10{,}4 - 4{,}88 = 5{,}52\,\text{kg}, \quad s_{m\,d} = 10{,}4 + 4{,}88 = 15{,}28\,\text{kg} \text{ für } 1\,\text{qcm},$$

die Verbundwölbung ist demnach bei Einhaltung von $s_{m\,z} = 5$ kg für 1 qcm im Scheitel auf etwa $d = 4{,}5$ cm zu bringen.

c) Die Zugfestigkeit der Umhüllung darf wegen der Unbedenklichkeit feiner Risse überschritten werden; die Wölbstärke ist unveränderlich.

255. Risse zulässig; Wölbstärke unveränderlich.

Für diesen Fall bestimme man zunächst M und D nach Gleichung 52, worauf dann die Abmessungen der Verbundwölbung, d. h. d, z und t nach dem Gleichungssatze 21 (S. 215) ermittelt werden. Da bei den Wölbungen D stets verhältnismäfsig sehr hoch ausfällt, so tritt hier besonders häufig der Fall ein, dafs Gleichungssatz 21 ungültig wird und durch Gleichung 16 oder 17 ersetzt werden mufs, wie bei Gleichung 21 (S. 215) erörtert wurde; man wird daher hier die Bedingungen der Gleichungen 22 u. 23 oder 24 für die Gültigkeit von Gleichung 21 regelmäfsig zur Anwendung zu bringen haben.

Für die Festsetzung von D ist auch hier d zunächst schätzungsweise reichlich grofs einzuführen.

Beispiel. Für einen mit $p = 2500$ kg für 1 qm beliebig zu belastenden Speicherboden sollen $b = 4{,}00$ m weite Fache von $h = 0{,}25$ m Pfeil mit porigen Thonkasten in Zementmörtel mit $\gamma_1 = 1200$ kg für 1 cbm, $s_{m\,d} = 150000$ kg für 1 qm und $E_m = 1200000000$ kg für 1 qm eingewölbt werden. Die Ueberfüllung aus Sand mit etwas Zement (Fig. 439) ist $c = 0{,}12$ m stark und wiegt $\gamma = 1600$ kg für 1 cbm. Der Fufsboden besteht aus Estrich von $g = 50$ kg für 1 qm Gewicht. Wird die Wölbdicke für die Berechnung der Lasten zunächst mit $d = 0{,}40$ m geschätzt, so ist nach Gleichung 52

$$\left.\begin{aligned} H &= \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}25}\left[1200 \cdot 0{,}4 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 50 + 0{,}4 \cdot 2500\right] = 14416\,\text{kg} \\ V &= 4\left[\frac{1200 \cdot 0{,}4}{4} + 1600\left(\frac{0{,}12}{4} + \frac{0{,}25}{48}\right) + \frac{50}{4} + 0{,}108 \cdot 2500\right] = 1835\,\text{kg} \end{aligned}\right\} D = \sqrt{14416^2 + 1835^2} = 14500\,\text{kg};$$

$$M = 4^2\,(0{,}00078 \cdot 1600 \cdot 0{,}25 + 0{,}0162 \cdot 2500) = 652\,\text{mkg}.$$

Werden die Einlagen aus Flacheisen $4 \times 0{,}3$ cm mit $f = 0{,}00012$ qm und $a = 0{,}03$ m gebildet, $s_e = 8000000$ kg für 1 qm und $E_e = 21000000000$ kg für 1 qm eingeführt, so ist zu Gleichung 21

$$m = \frac{8000000 \cdot 1200000000}{150000 \cdot 21000000000} = 3{,}05,$$

und weiter

$$\alpha = 0{,}03 + \frac{3 \cdot 14500 \cdot (1 + 3{,}05)^2}{2 \cdot 150000 \cdot (2 + 3 \cdot 3{,}05)} = 0{,}03 + 0{,}213 = 0{,}243;$$

$$\beta = 6\,\frac{(652 - 14500 \cdot 0{,}03)\,(1 + 3{,}05)^2}{150000 \cdot (2 + 3 \cdot 3{,}05)} - 0{,}03^2 = 0{,}0119;$$

$$d = 0{,}243\left(1 + \sqrt{1 + \frac{0{,}0119}{0{,}243^2}}\right) = 0{,}51\,\text{m}; \quad z = \frac{0{,}51 - 0{,}03}{1 + 3{,}05} = 0{,}119\,\text{m}.$$

Die Bedingung der Gleichung 22: $D > \frac{150000 \cdot 0{,}119}{2}$, also $D > 8920$ ist erfüllt, da $D = 14500$ kg ist; folglich hat der Gleichungssatz 21 für diesen Fall keine Gültigkeit, und es mufs nach Gleichung 16 gerechnet werden. Wird dazu nun $d = 0{,}40$ m, wie oben angenommen, beibehalten, t entsprechend der Breite der Thonkasten mit 0,20 m eingeführt, so ist für Gleichung 10

$$F = 0{,}40 \cdot 0{,}20 = 0{,}08\,\text{qm}, \quad n = 21000000000 : 1200000000 = 17{,}50,$$

Digitized by Google

alſo bei zwei Reihen von Einlagen

$$W'' = \frac{0{,}08 \cdot 0{,}4}{6} + 17{,}5 \cdot 0{,}00012 \left(0{,}4 - 4 \cdot 0{,}08 \frac{0{,}4 - 4 \cdot 0{,}08}{0{,}4}\right) = 0{,}00594,$$

und nach Gleichung 16 (S. 213) für Druck und Biegung bei zwei Einlagen

$$s_{m\,z} = \frac{652 \cdot 0{,}2}{0{,}00594} - \frac{14500 \cdot 0{,}2}{0{,}08 + 17{,}5 \cdot 0{,}00012} = 21900 - 35400 = -3500\,\text{kg für } 1\,\text{qm}.$$

An der vom Moment gezogenen Kante herrſcht alſo noch ein geringer Druck von $0{,}35\,\text{kg}$ für $1\,\text{qcm}$. Der Druck an der gedrückten Kante iſt nur $s_{m\,d} = 21900 + 35400 = 57300\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm} = 5{,}73\,\text{kg}$ für $1\,\text{qcm}$; alſo iſt die Wölbung mit $0{,}40\,\text{m}$ erheblich zu ſtark angenommen. Die Rechnung nach Gleichung 10 u. 16 iſt mit weſentlich geringerer Dicke, etwa $d = 0{,}30\,\text{m}$ zu wiederholen, wobei dann auch D nach Gleichung 52 etwas ſchwächer wird.

Dieſe Verhältniſſe werden auch durch die Bedingung der Gleichung 23 angezeigt, nach welcher für $s_{max} = 80000\,\text{kg}$ auf $1\,\text{qm}$ als Zugfeſtigkeit des Thonkaſtenmauerwerkes

$$D > \left(\frac{652}{0{,}00594} - \frac{80000}{0{,}2}\right)(0{,}08 + 17{,}5 \cdot 0{,}00012), \text{ alſo } D > -23800\,\text{kg}$$

ſein muſs, wenn Gleichung 21 die Gültigkeit verlieren ſoll. Dieſe Bedingung iſt durch $D = +14500\,\text{kg}$ weitaus erfüllt.

256. Riſſe zuläſſig; Bogenſchenkel verſtärkt.

b) Die Zugfeſtigkeit der Umhüllung darf wegen der Unbedenklichkeit feiner Riſſe überſchritten werden; die Wölbſtärke nimmt in den Schenkeln zu.

In dieſem Falle iſt wieder auch der Scheitelquerſchnitt nach den Gleichungen 53 u. 21 zu beſtimmen und danach und nach der Ermittelung für den Querſchnitt im Viertel der Weite die ganze Form des Gewölbes feſtzuſetzen. Auch iſt die Prüfung mittels Gleichung 22, bezw. 23 oder 24 durchzuführen.

Als Beiſpiel hierzu mag das zuletzt für den Querſchnitt im Viertel der Weite durchgeführte auch auf den Scheitel derſelben Verbundwölbung durchgeführt, dabei d nun aber wieder etwas zu ungünſtig ſchon bei der Ermittelung der äuſseren Kraftwirkungen mit dem verminderten Werte $d = 0{,}20\,\text{m}$ eingeführt werden. Nach Gleichung 53 iſt für den Scheitel

$$D = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}25}\left[1200 \cdot 0{,}20 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 50 + 0{,}259 \cdot 2500\right] = 9672\,\text{kg},$$

$$M = 4^2\,(0{,}00417 \cdot 1600 \cdot 0{,}25 + 0{,}00468 \cdot 2500) = 212\,\text{mkg},$$

und nach Gleichung 21

$$\alpha = 0{,}08 + \frac{3 \cdot 9672\,(1 + 3{,}05)^2}{2 \cdot 150000 \cdot (2 + 3 \cdot 3{,}05)} = 0{,}173;$$

$$\beta = 6\,\frac{(212 - 9672 \cdot 0{,}08)\,(1 + 3{,}05)^2}{150000\,(2 + 3 \cdot 3{,}05)} - 0{,}08^2 = -0{,}00548;$$

$$d = 0{,}173\left(1 + \sqrt{1 - \frac{0{,}00548}{0{,}173^2}}\right) = 0{,}33\,\text{m}; \quad z = \frac{0{,}33 - 0{,}08}{1 + 3{,}05} = 0{,}074\,\text{m}.$$

Nach Gleichung 22 muſs $D < \frac{150000 \cdot 0{,}074}{2}$, alſo $D < 5550\,\text{kg}$ ſein, wenn die vorſtehende Rechnung richtig ſein ſoll. D iſt aber gröſser als dieſer Wert; folglich muſs die Stärke der Wölbung nach Gleichung 10 u. 16 berechnet werden. Für das eingeführte $d = 0{,}20\,\text{m}$ iſt nach Gleichung 10, wenn t mit $0{,}20\,\text{m}$ beibehalten wird,

$$F = 0{,}2 \cdot 0{,}2 = 0{,}04\,\text{qm},$$

$$W'' = \frac{0{,}04 \cdot 0{,}2}{6} + 17{,}5 \cdot 0{,}00012\left(0{,}2 - 4 \cdot 0{,}03 \frac{0{,}2 - 0{,}03}{0{,}2}\right) = 0{,}00154 \text{ (auf Met. bezogen)}$$

und nach Gleichung 16

$$s_{z\,m} = \frac{212 \cdot 0{,}2}{0{,}00154} - \frac{9672 - 0{,}2}{0{,}04 + 17{,}5 \cdot 0{,}00012} = 27600 - 4600 = 23000\,\text{kg für } 1\,\text{qm}.$$

Dem angenommenen Mauerwerke aus Thonkaſten in Zementmörtel können $80000\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$ bis zum Zerreiſsen zugemutet werden, und ſtatt der auftretenden Druckſpannung von $27600 + 4600 = 32200\,\text{kg}$

Digitized by Google

für 1 qm ſind 150000 kg für 1 qm zuläſſig; alſo iſt die Stärke $d = 0{,}20$ m für den Scheitel gleichfalls noch zu groſs, und die letzte Rechnung iſt mit einem geringeren Werte zu wiederholen, bis die Spannungen $s_{mz} = 80000$ kg für 1 qm und $s_{md} = 150000$ kg für 1 qm erreicht werden.

e) Die Zugſpannungen im gezogenen Plattenteile werden als bis zur Streckgrenze s_{st} wirkſam eingeführt.

257. Zugſpannung bis zur Streckgrenze berückſichtigt.

Für dieſen Fall kommen die Gleichungen 26 bis 32 (S. 217 u. 218) zur Anwendung.

Als Beiſpiel wird das unter c und b behandelte, für beſten Beton, aber mit 0,40 m Pfeil beibehalten, indem als durchſchnittliche Dicke des Bogens das Maſs von 0,10 m eingeführt und beſtimmt wird, daſs ein Fünftel der Gewölbelänge rippenartige Verſtärkungen mit $\nu = 0{,}2$ erhalten ſoll. Weiter iſt dann für Gleichung 52: $d = 0{,}10$ m, $\gamma_1 = 2{,}2$ t für 1 cbm, $c = 0{,}12$ m, $\gamma = 1{,}6$ t für 1 cbm, $g = 0{,}05$ t für 1 qm, $h = 0{,}40$ m, $p = 2{,}5$ t für 1 qm, $b = 4$ m und für die Benutzung der Gleichungen 26 bis 32: $s_d = 350$ t für 1 qm, $s_e = 10000$ t für 1 qm, $s_{st} = 50$ t für 1 qm, $E_d = 2000000$ t für 1 qm, $E_e = 21000000$ t für 1 qm, $E_z = 800000$ t für 1 qm.

Nach Gleichung 52 iſt für das Viertel der Weite

$$H = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}4}\left[0{,}10 \cdot 2{,}2 + 1{,}6\left(0{,}12 + \frac{0{,}4}{5}\right) + 0{,}05 + 0{,}40 \cdot 2{,}5\right] = 7{,}96 \text{ t},$$

$$V = 4\left[\frac{2{,}2}{4}\,0{,}1 + 1{,}6\left(\frac{0{,}12}{4} + \frac{0{,}4}{48}\right) + \frac{0{,}05}{4} + 0{,}108 \cdot 2{,}5\right] = 1{,}59 \text{ t},$$

$$D = \sqrt{7{,}96^2 + 1{,}59^2} = 8{,}1 \text{ t},$$

$$M = 4^2\,(0{,}00078 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}4 + 0{,}0162 \cdot 2{,}5) = 0{,}656 \text{ mt}.$$

Wird noch für jede Rippe eine Einlage von vier Drähten von 1,6 cm Durchmeſſer mit $f = 4\,\frac{0{,}016^2}{4}\,\pi = 0{,}00081$ qm und $a = 0{,}02$ m von Unterkante vorgeſehen, ſo iſt nach Gleichung 26

$$r = \frac{50 \cdot 21000000}{10000 \cdot 800000} = 0{,}131, \quad n\,\frac{350 \cdot 21000000}{10000 \cdot 2000000} = 0{,}367;$$

nach Gleichung 27

$$N = \frac{1}{2 \cdot 1{,}367^2}\left\{350 \cdot \frac{0{,}367 \cdot 3{,}734}{3} - 0{,}2 \cdot 50\left[1 - 0{,}131\left(1 - \frac{0{,}131}{3}\right)\right]\right\} = 40{,}4;$$

nach Gleichung 28

$$d = 0{,}02 + \frac{1}{40{,}4}\left\{\frac{8{,}1}{4} + \sqrt{\left(\frac{8{,}1}{4}\right)^2 + 40{,}4\left[0{,}656 - \frac{0{,}02}{2}\,(8{,}1 + 0{,}2 \cdot 0{,}02 \cdot 50)\right]}\right\}$$

$$= 0{,}02 + 0{,}1795 = 0{,}1995 = \sim 0{,}2;$$

nach Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}367}{1{,}367}\,(0{,}02 - 0{,}2) = 0{,}0484 \text{ m},$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0{,}00081 \cdot 10000}{350\,\frac{0{,}0484}{2} - 8{,}1 - 0{,}2 \cdot 50\left[(0{,}2 - 0{,}0484)\left(1 - \frac{0{,}131}{2}\right) + \frac{0{,}02 \cdot 0{,}131}{2}\right]}$$

$$= -\frac{8{,}1}{1{,}058} = -7{,}66 \text{ m}.$$

Der Längsdruck überwiegt bei der flachen Wölbung demnach ſo, daſs die Bedingung der Gleichung 32 eben nicht erfüllt iſt. Man wird demnach die vorgeſehenen Rippen nach Gutdünken in zweckmäſsiger Teilung anbringen und dann immer eine reichlich ſtarke Kappe erhalten. Die Wölbung wird $z = 4{,}8 = \sim 5$ cm dick; die Rippen ſpringen $d - z = 20 - 5 = 15$ cm vor, und zwar nach oben und unten, weil das Moment ſowohl im angenommenen, als auch im entgegengeſetzten Sinne auftreten kann.

Jede der Rippen erhält das 0,2fache der Teilung als Breite und vier Drahteinlagen von 1,6 cm Durchmeſſer, mit der Mitte 2 cm vom Aufsenrande, und zwar ſowohl oben wie unten. Die durchſchnittliche Dicke der Kappe iſt $5 + 2\,\frac{1}{5}\,15 = 11$ cm; alſo iſt die anfänglich zur Gewichtsermittelung eingeſetzte Dicke von 0,1 m genügend genau.

Digitized by Google

Im Scheitel wird die Anordnung ſchwächer. Wird hier ſchätzungsweiſe $d = 0{,}08^{\,m}$ eingeführt, ſo iſt nach Gleichung 53

$$D = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}4}\left[2{,}2 \cdot 0{,}08 + 1{,}6\left(0{,}12 + \frac{0{,}4}{5}\right) + 0{,}05 + 0{,}259 \cdot 2{,}5\right] = 5{,}93^{\,t},$$

$$M = 4^2\,(0{,}00417 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}4 + 0{,}00463 \cdot 2{,}5) = 0{,}227^{\,mt};$$

nach Gleichung 28

$$d = 0{,}02 + \frac{1}{40{,}4}\left\{\frac{5{,}93}{4} + \sqrt{\left(\frac{5{,}93}{4}\right)^2 + 40{,}4\left[0{,}227 - \frac{0{,}02}{2}\,(5{,}93 + 0{,}2 \cdot 0{,}02 \cdot 50)\right]}\right\}$$

$$= 0{,}02 + 0{,}1298 = 0{,}1498 = \infty\, 0{,}15^{\,m};$$

nach Gleichung 29

$$z = \frac{0{,}227}{1{,}367}\,(0{,}15 - 0{,}02) = 0{,}035^{\,m},$$

und nach Gleichung 30

$$t = \frac{0{,}00081 \cdot 10\,000}{350 \cdot \frac{0{,}035}{2} - 5{,}93 - 0{,}2 \cdot 50\left[(0{,}15 - 0{,}035)\left(1 - \frac{0{,}131}{2}\right) + \frac{0{,}02 \cdot 0{,}131}{2}\right]}$$

$$= -\frac{8{,}1}{0{,}946} = -8{,}55^{\,m}.$$

Die Eiſeneinlagen ſind alſo wegen Flachheit der Kappe auch hier nicht auszunutzen; die Rippen ſpringen hier $d - z = 15 - 3{,}5 = 11{,}5^{\,cm}$ nach oben und unten vor, wozu oben in der Sandüberfüllung von $12^{\,cm}$ Platz iſt, und jede Rippe erhält oben und unten vier Drähte von $1{,}6^{\,cm}$ Durchmeſſer. Die durchſchnittliche Dicke iſt $3{,}5 + 2\,\frac{1}{5}\,11{,}5 = 8{,}1^{\,cm}$, ſo daſs die anfängliche Schätzung für das Gewicht genau ſtimmt.

Um ſpäter den zuläſſigen Gegenſchub einer unbelaſteten Kappe berechnen zu können, ſoll hier feſtgeſetzt werden, daſs die Rippen in $t = 2{,}00^{\,m}$ Teilung mit $rt = 0{,}20 \cdot 2 = 0{,}40^{\,m}$ Breite mit je vier Drähten von $1{,}6^{\,cm}$ Durchmeſſer oben und unten $a = 0{,}02^{\,m}$ von der Aufsenkante angeordnet werden.

258 Schlufsfolgerungen.

Die Ergebniſſe dieſer Berechnungen zeigen in Uebereinſtimmung mit der allgemeinen Ueberlegung, daſs der Erfolg der Eiſeneinlagen für Wölbungen ein weſentlich geringerer iſt, als für Platten namentlich dann, wenn der Längsdruck ſo groſs wird, daſs er die aus der Biegung entſtehenden Zugſpannungen überwiegt, wenn alſo die Bedingungen der Gleichungen 22 bis 24 erfüllt werden oder die Bedingung der Gleichung 32 nicht zutrifft. Dies iſt nun hauptſächlich bei Wölbungen mit geringem Pfeilverhältniſſe und voller Belaſtung der Fall; ein erheblicher Nutzen wird für Wölbungen aus den Eiſeneinlagen alſo nur bei groſsem Pfeile und ſtark wechſelnder Verkehrslaſt gezogen. Dieſe ſind aber aus naheliegenden Gründen bezüglich der erſteren Bedingung bei der Ausfüllung der Fache von Balkendecken ſelten, und ſo ergiebt ſich, daſs die Verbundwölbungen für Balkenfache überhaupt keine groſse Bedeutung haben. Man wird meiſt Verbundplatten oder Wölbungen ohne Eiſeneinlagen zu wählen haben.

Ein merklicher Erfolg wird aber durch die Einlagen erzielt, wenn man die den Gleichungen 26 bis 30 zu Grunde liegende Ausnutzung der Zugſpannungen bis zur Streckgrenze als zuläſſig erachtet, dann aber weniger unmittelbar durch die Einlagen als dadurch, daſs man eben wegen des Vorhandenſeins der Einlagen die Zugſpannungen in ſo hohem Maſse ausnutzen kann.

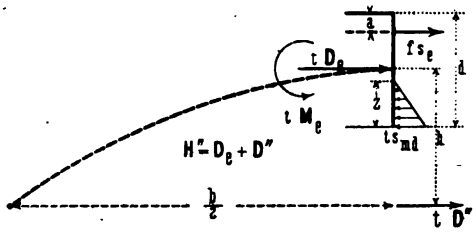
Die Gleichungen 26 bis 32 geben die ſparſamſten Verbundkappen, auch wenn man mit den zuläſſigen Spannungen nicht ſo hoch geht, wie in den vorgeführten Beiſpielen geſchehen iſt.

259. Wagrechte Schübe.

Schlieſslich bleibt noch der durch die obigen Gleichungen noch nicht feſtgelegte Schub H' einer voll belaſteten Verbundkappe gegen ihre Stützungen, ſowie

Digitized by Google

Fig. 440.



der gröfste zuläffige Widerftand H'' einer von der Verkehrslaft freien Verbundkappe anzugeben, Gröfsen, die für die Berechnung der Kappen meift keine, aber grofse Bedeutung für diejenigen der Balken haben.

Der gröfste Schub einer voll belafteten Verbundkappe ift mit Bezug auf Fig. 439

$$H' = \frac{b^2}{8h}\left[\gamma_1 d + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + g + p\right], \quad \ldots\ldots 54.$$

und der gröfste Widerftand H'', der einer unbelafteten Verbundkappe zugemutet werden darf, folgt aus dem Gleichungsfatze (Fig. 440)

$$D_e = \frac{b^2}{8h}\left[\gamma_1 d + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + g\right]; \quad M_e = 0{,}00417\ \gamma\, h\, b^2. \quad \ldots 55.$$

260. Zugfpannungen nicht berückfichtigt.

Wird die Annahme gemacht, dafs keine Zugfpannungen auftreten, fo folgt der gefuchte Gegenfchub auf den in Art. 246 (S. 215) u. 255 (S. 227) erörterten Grundlagen unter Benutzung der folgenden Gleichungen. Der zu Grunde liegende Spannungszuftand ift in Fig. 440 dargeftellt.

$$\left.\begin{aligned} z^3 + z^2 \cdot 3\left(h - \frac{d}{2}\right) + z \cdot 6\left[\frac{M_e - D_e \cdot h}{s_{md}} + \frac{nf}{t}\left(h + \frac{d}{2} - a\right)\right] \\ = 6\,\frac{nf}{t}\left(h + \frac{d}{2} - a\right)(d - a); \quad s_e = \frac{n\, s_{md}\,(d - a - z)}{z}, \end{aligned}\right\} \quad 56.$$

und fchliefslich

$$H'' = \frac{s_{md}\, z}{2} - \frac{f s_e}{t} \quad \text{und} \quad D'' = H'' - D_e\,.$$

Die Löfung der Gleichung für z erfolgt wieder leicht durch Ausrechnen dreier Werte und Auftragung wie bei Gleichung 8, da man die ungefähre Löfung für z mit etwa $\frac{d}{2}$ bis $\frac{d}{4}$ ftets kennt. Die Löfung wird in folgenden Beifpielen vorgeführt.

Beifpiel. Es foll feftgeftellt werden, wie viel Widerftand die in Art. 256 (unter b am Schluffe) berechnete Kappe mit $d = 0{,}20^{\,m}$, $t = 0{,}20^{\,m}$, $a = 0{,}03^{\,m}$, $f = 0{,}00012^{\,qm}$, $h = 0{,}25^{\,m}$, $b = 4{,}00^{\,m}$ und $n = E_e : E_m = 17{,}5$ leiften darf, wenn die gröfste Druckfpannung s_{md} den Wert von $150\,000^{\,kg}$ für $1^{\,qm}$ nicht überfchreiten foll.

Zunächft ift der Schub aus dem Eigengewichte nach Gleichung 54

$$D_e = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}25}\left[1200 \cdot 0{,}2 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 50\right] = 4496^{\,kg};$$

nach derfelben Gleichung das Moment im Scheitel aus Eigengewicht $M_e = 0{,}00417 \cdot 1600 \cdot 0{,}25 \cdot 4^2 = 26{,}6^{\,mkg}$. Die Löfung der Gleichung 55 zunächft für z ergiebt fich fo:

$$3\left(h - \tfrac{d}{2}\right) = 3\left(0{,}25 - \frac{0{,}2}{2}\right) = 0{,}45\,,$$

$$6\left[\frac{M_e - D_e h}{s_{md}} + \frac{nf}{t}\left(h + \frac{d}{2} - a\right)\right] = 6\left(\frac{26{,}6 - 4496 \cdot 0{,}25}{150\,000} + \frac{17{,}5 \cdot 0{,}00012}{0{,}2}\left(0{,}15 + \frac{0{,}2}{2} - 0{,}03\right)\right)$$
$$= -\,0{,}02376\,.$$

$$6\,\frac{nf}{t}\left(h + \frac{d}{2} - a\right)(d - a) = 6\,\frac{17{,}5 \cdot 0{,}00012}{0{,}2}\left(0{,}25 + \frac{0{,}2}{2} - 0{,}03\right)(0{,}2 - 0{,}03) = 0{,}00342.$$

Demnach lautet die Gleichung 55 für z

$$z^3 + z^2\, 0{,}45 - z \cdot 0{,}02376 = 0{,}00342.$$

Digitized by Google

Wird verſuchsweiſe $z = 0{,}05,\ 0{,}10,\ 0{,}15$ geſetzt, ſo nimmt die linke Seite die Werte $0{,}00006$, $0{,}003124$ und $0{,}00992$ an. Dieſe Wertepaare ſind in Fig. 441 aufgetragen; dann giebt das Ziehen der Wagrechten in der Höhe $0{,}00342$ die Löſung mit $z = 0{,}103$. Weiter folgt dann nach Gleichung 56

$$s_e = \frac{17{,}5 \cdot 150\,000\,(0{,}2 - 0{,}03 - 0{,}103)}{0{,}103} = 1710000\,\text{kg für } 1\,\text{qm}$$

und ſchliefslich

$$H'' = \frac{150000 \cdot 0{,}103}{2} - \frac{0{,}00012 \cdot 1710000}{0{,}2} = 6695\,\text{kg}$$

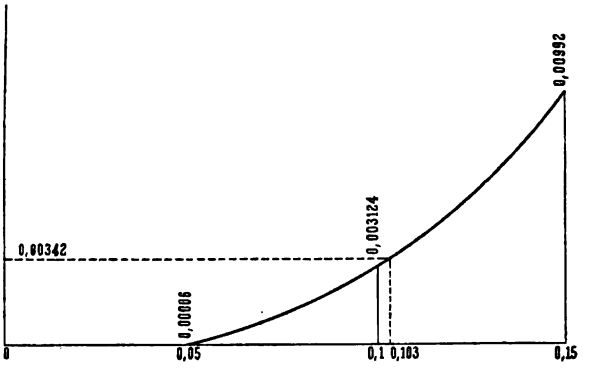
und, da $D_e = 4496\,\text{kg}$ war, beträgt der aus der Biegungsfeſtigkeit des Scheitelquerſchnittes zu gewinnende Gegenſchub $D'' = H'' - D_e = 2199\,\text{kg}$.

Der Schub der voll belaſteten Kappe iſt für $d = 0{,}20\,\text{m}$ nach Gleichung 54

$$H' = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}25}\left[1200 \cdot 0{,}2 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 50 + 2500\right] = 24496\,\text{kg},$$

welcher die $0{,}20\,\text{m}$ ſtarke Wölbung nicht bis zur zuläſſigen Grenze beanſprucht.

Fig. 441.



261. Zugſpannungen bis zur Streckgrenze berückſichtigt.

Wird dagegen angenommen, dafs die Zugſeite Zugſpannungen bis zur Streckgrenze s_{st} leiſtet, alſo die Grundlage eingeführt, auf der die Gleichungen 26 bis 32 (S. 217 u. 218) beruhen und deſſen Darſtellung ſich ergiebt, wenn man die Spannungsverteilung Fig. 428 in Fig. 440 einträgt, ſo tritt an Stelle des Gleichungsſatzes 56 nun der folgende:

$$\left.\begin{aligned} v &= \frac{s_{st}}{s_d}\,\frac{E_d}{E_e}\,; \\ z^3\left\{\frac{\nu s_{st}}{2}\left[1 + v\left(1 + \frac{v}{3}\right)\right] + \frac{s_d}{6}\right\} &+ z^2\left\{\left(h - \frac{d}{2}\right)\left[\nu s_{st}\left(1 + \frac{v}{2}\right) + \frac{s_d}{2}\right]\right\} \\ &- z\left[D\,h - M_e - \frac{f}{t}\,\frac{s_d E_e}{E_d}\left(h + \frac{d}{2} - a\right) + \nu s_{st} d\,h\right] \\ = \frac{f}{t}\,\frac{s_d E_e}{E_d}(d-a)\left(h + \frac{d}{2} - a\right)&; \quad s_e = \frac{s_d E_e}{E_d}\,\frac{d-a-z}{z}\,; \quad r = \frac{s_{st}}{s_e}\,\frac{E_e}{E_z}, \end{aligned}\right\} \quad 57.$$

und ſchliefslich

$$H'' = s_d\,\frac{z}{2} - \frac{f}{t}\,s_e - \nu s_{st}\left[(d-z)\left(1 - \frac{r}{2}\right) + \frac{a\,r}{2}\right]; \quad D'' = H'' - D\,.$$

Bezüglich der Bezeichnungen wird auf die Erläuterungen zu Gleichung 26 bis 32 in Art. 247 (S. 216) verwieſen. Die Gleichungen 54 u. 55 behalten ihre Gültigkeit auch hier zur Beſtimmung der äufseren Kraftwirkungen.

Als Beiſpiel ſoll der zuläſſige Gegenſchub der am Schluſſe des Beiſpieles zu e (Art. 257, S. 229) feſtgelegten Verbundkappe beſtimmt werden. Der beſſeren Ueberſicht halber wiederholen wir alle Mafs- und Gewichtsangaben in Metern und Tonnen als Einheiten.

Digitized by Google

$b = 4^{m}$, $h = 0{,}40^{m}$, $\gamma = 2{,}2^{t}$, d für die Gewichtsberechnung nach Gleichungen 54 u. 55 durchfchnittlich $= 0{,}08^{m}$, $\gamma = 1{,}6^{t}$, $c = 0{,}12^{m}$, $g = 0{,}05^{t}$, $p = 2{,}5^{t}$, $s_{st} = 50^{t}$, $s_d = 350^{t}$, $E_e = 21000000^{t}$, $E_d = 2000000^{t}$, $E_z = 800000^{t}$, $\nu = 0{,}2$, d nach der Ausrechnung für den Scheitel am Schluffe des Beifpieles zu e (Art. 257, S. 229) $= 0{,}15^{m}$, $f = 0{,}00081^{qm}$, $a = 0{,}02^{m}$ und $t = 2^{m}$. Die Dicke der durchlaufenden Platte war für den Scheitel mit $z = 0{,}035^{m}$ ermittelt, ein Mafs, welches für die Beftimmung des Gegenfchubes nach Gleichung 57 nachzuprüfen ift.

Nach Gleichung 55 ift

$$D_e = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}4}\left[2{,}2 \cdot 0{,}08 + 1{,}6\left(0{,}12 + \frac{0{,}4}{5}\right) + 0{,}05\right] = 2{,}73^{t}$$

und

$$M_e = 0{,}00417 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}4 \cdot 4^2 = 0{,}0428^{mt}.$$

Die Gröfsen der Gleichung für z in Gleichung 57 find:

$$v = \frac{50}{350}\,\frac{2000000}{21000000} = 0{,}0136,$$

$$\frac{\nu s_{st}}{2}\left[1 + v\left(1 + \frac{v}{3}\right) + \frac{s_d}{6}\right] = \frac{0{,}2 \cdot 50}{2}\left[1 + 0{,}0136\left(1 + \frac{0{,}0136}{3}\right) + \frac{350}{6}\right] = 63{,}4,$$

$$\left(h - \frac{d}{2}\right)\left[\nu s_{st}\left(1 + \frac{v}{2}\right) + \frac{s_d}{2}\right] = \left(0{,}4 - \frac{0{,}15}{2}\right)\left[0{,}2 \cdot 50\left(1 + \frac{0{,}0136}{2}\right) + \frac{350}{2}\right] = 60{,}1,$$

$$D_e h - M_e - \frac{f}{t}\,\frac{s_d E_e}{E_d}\left(h + \frac{d}{2} - a\right) + \nu s_{st} d h$$

$$= 2{,}73 \cdot 0{,}4 - 0{,}0428 - \frac{0{,}00081}{2} \cdot \frac{350 \cdot 21000000}{2000000}\left(0{,}4 + \frac{0{,}15}{2} - 0{,}02\right) + 0{,}2 \cdot 50 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}4 = 0{,}9722,$$

$$\frac{f}{t} \cdot \frac{s_d E_e}{E_d}(d - a)\left(h + \frac{d}{2} - a\right) = \frac{0{,}00081 \cdot 350 \cdot 21000000}{2 \cdot 2000000}(0{,}15 - 0{,}02)\left(0{,}4 + \frac{0{,}15}{2} - 0{,}02\right)$$

$$= 0{,}088;$$

alfo lautet die Beftimmungsgleichung für z:

$$z^3 \cdot 63{,}4 + z^2 \cdot 60{,}1 - z \cdot 0{,}9722 = 0{,}088.$$

Die Löfung erfolgt, wie zu Fig. 441 in Art. 260 und wie zu Gleichung 8 (S. 208) befchrieben wurde, durch Einfetzen von Werten, die in der Nähe der wahrfcheinlichen Löfung liegen, und durch Auftragen. Es folgt $z = 0{,}046^{m}$, für das die linke Seite den Wert 0,089 annimmt.

Weiter ift nach Gleichung 57

$$s_e = \frac{350 \cdot 21000000}{2000000}\,\frac{0{,}15 - 0{,}02 - 0{,}046}{0{,}046} = 6720^{t} \text{ für } 1^{qm}; \quad r = \frac{50 \cdot 21000000}{6720 \cdot 800000} = 0{,}1955,$$

$$H'' = \frac{350 \cdot 0{,}046}{2} - \frac{0{,}00081}{2}\,6720 - 0{,}2 \cdot 50\left[(0{,}15 - 0{,}046)\left(1 - \frac{0{,}1955}{2}\right) + \frac{0{,}02 \cdot 0{,}1955}{2}\right]$$

$$= 8{,}05 - 2{,}71 - 0{,}958 = 4{,}38^{t};$$

der aus dem Widerftande des Scheitelquerfchnittes zu gewinnende Gegenfchub ift alfo

$$D' = H'' - D_e = 4{,}38 - 2{,}73 = 1{,}65^{t}.$$

Da nach diefer Rechnung die durchlaufende Plattendicke im Scheitel $0{,}046^{m}$ betragen mufs, während am Schluffe des Beifpieles in Art. 257 (S. 229) nur $0{,}035^{m}$ ermittelt war, fo ift das ftärkere Mafs für die Ausführung vorzufchreiben. Der Rippenvorfprung beträgt fomit nun oben und unten $0{,}15 - 0{,}046 = 0{,}104^{m}$, ftatt $0{,}115^{m}$, wie im Beifpiele in Art. 257 ermittelt war.

Der Schub einer voll belafteten Kappe ift nach Gleichung 54 für die Durchfchnittftärke $d = 0{,}08^{m}$

$$H' = \frac{4^2}{8 \cdot 0{,}4}\left[2{,}2 \cdot 0{,}08 + 1{,}6\left(0{,}12 + \frac{0{,}4}{5}\right) + 0{,}05 + 2{,}5\right] = 15{,}23^{t}.$$

ε) Fachausfüllungen mit Tonnenblechen und Buckelplatten.

262. Fachausfüllung mit Tonnenblechen.

Sind die Balkenfache mit hängenden oder ftehenden Tonnenblechen ausgefüllt (Fig. 442, 443 u. 444), fo ift der wagrechte Zug oder Druck, welcher fich in einem Bleche der vollen Belaftung q, des Pfeiles f (Fig. 443) und der Weite (Trägerteilung) b entwickelt,

Digitized by Google

$$H' = \frac{q b^2}{8 f}, \quad \ldots \ldots \quad 58.$$

während der Gegenzug oder -Druck des nur mit der Eigenlaft g für die Einheit belafteten Nachbarbleches

$$H'' = \frac{g b^2}{8 f} \quad \ldots \ldots \quad 59.$$

beträgt. Nach H' könnte man nun das Blech der Dicke nach bemeffen; jedoch ergeben fich auf diefe Weife felbft bei flachen Pfeilen zu geringe Stärken. Die Bleche wurden früher mindeftens 8 mm ftark gemacht; nachdem durch die Verzinkung ein guter

Fig. 442.

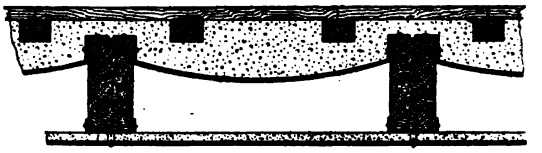
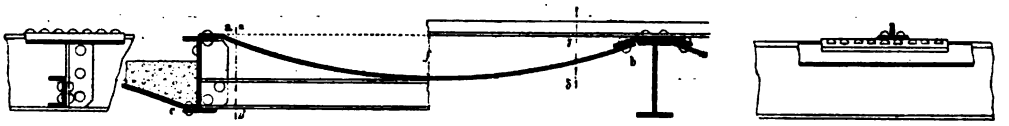


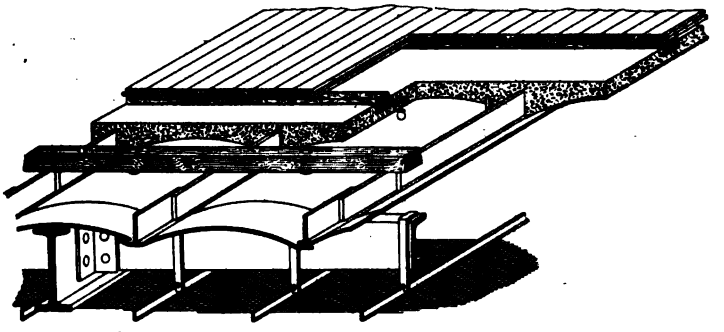
Fig. 443.



Schnitt $\alpha\beta$. Schnitt $\gamma\delta$.

Schutz gegen Roften gefchaffen ift, geht man bis zu 4 mm herunter. Die übrigen Abmeffungen der Bleche find ziemlich beliebig; jedoch geht man in der Gröfse der einzelnen Bleche nicht gern über 4 qm hinaus; fchmale und dünne Bleche find erheblich kleiner. Werden die Bleche, was in der Regel gefchieht, mit Beton überftampft, fo kann man deffen Druckfeftigkeit zum Ausgleichen des wagrechten Zuges der Platte ausnutzen, fo dafs ein folcher nie von einem Trägerfache auf das benachbarte übertragen wird.

Fig. 444.

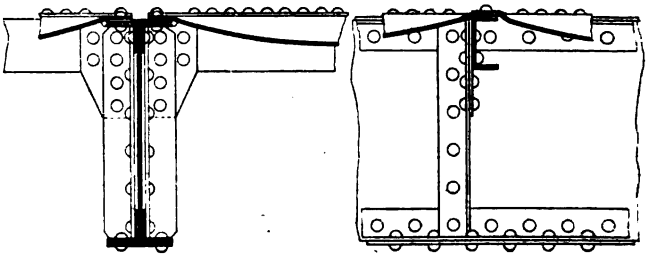


Die Vernietung erfolgt nach den in Teil III, Band 1 (Abt. I, Abfchn. 3, Kap. 2) diefes »Handbuches« gegebenen Regeln, und zwar ift der Nietberechnung für die Längeneinheit des Bleches bei der Befeftigung nach Fig. 443 bei a die Kraft H', bei Befeftigung nach Fig. 443 bei b die Kraft $\sqrt{H'^2 + \frac{q^2 b^2}{4}}$ zu Grunde zu legen.

263. Fachausfüllung mit Buckelplatten.

Wenn die Balkenfache mit Buckelplatten überdeckt find (Fig. 445), fo find für die Stärkenabmeffungen letzterer einfache Berechnungen wenig zuverläffig; man beftimmt ihre Tragfähigkeit am ficherften nach den Verfuchsergebniffen, welche in der nachfolgenden Zufammen-

Fig. 445.



Digitized by Google

ſtellung angeführt ſind. Die Randvernietung kann ſchwächer ſein als bei den Tonnenblechen.

Buckelplatten von der Dillinger Hütte zu Dillingen a. d. Saar.

L = Länge, B = Breite der Platte, b = Breite des geraden Randes, h = Pfeil des Buckels (in Millim.), G das Gewicht (in Kilogr.).

Nr.	B	L	b	h	G = Gewicht für 1 Stück bei einer Blechſtärke von								
					6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10 mm
1	1490	1490	78	130	104	112,5	121,5	130	139	147,5	156,5	165,5	173,5
2	1140	1140	40	85	61	66	71	76	81	86	91	96	101
3	1098	1098	40	75	56,5	61	66	70,5	76	81	85	90	94
4	1098	1098	78	78	56,5	61	66	70,5	76	81	85	90	94
5	1000	1000	60	72	47	51	54,5	58,5	62,5	66,5	70,5	74	78
6	750	750	60	45	26,5	28,5	30,5	33	35	37	39,5	41,5	44
7	500	500	60	27	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5
8	1630	1270	80	130	96,5	105	113	121,5	129,5	137,5	145,5	153,5	161,5
9	1100	770	55	80	39,5	43	46	49,5	53	56,5	59,5	63	76
10	1265	1265	80	100	75	81	87,5	94	100	106,5	112,5	118,5	124,5
	Millim.				Kilogr.								

Bezeichnet P die zuläſſige gleichförmig verteilte Belaſtung von Buckelplatten von 0,90 bis 1,00 m freitragender Länge für 1 qm, G das Gewicht für 1 qm und d die Blechdicke, ſo ergeben ſich die folgenden Zahlenbeziehungen:

d	G	P	d	G	P
2	14,8	560	5,0	38,6	3400
2,5	19,0	730	6,0	46,8	4900
3,0	23,2	1160	7,0	55,0	6300
4,0	31,0	2000	8,0	63,2	7700
Millim.	Kilogr.		Millim.	Kilogr.	

Preis der Buckelplatten etwa 280 Mark für 1000 kg einſchl. Verlegen.

ζ) Fachausfüllungen mit Wellblech.

264. Fachausfüllung mit Wellblech.

Das Wellblech überdeckt ſchmale Räume ohne Träger (Fig. 446); über breiteren werden die Tafeln auf allen Trägern geſtoſsen. Das Blech wirkt alſo faſt ſtets als Träger auf zwei Stützen, und die Berechnung iſt daher mit Hilfe der in den umſtehenden Tabellen angegebenen Widerſtandsmomente $\left(W = \frac{\mathcal{J}}{e}\right)$[331]

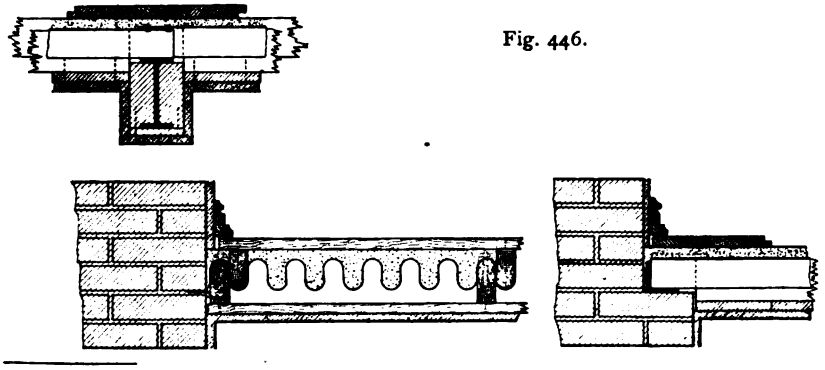


Fig. 446.

[331]) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Art. 899, S. 263; 2. Aufl.: Art. 89, S. 66) dieſes »Handbuches«.

Digitized by Google

21) Flache Wellbleche.

Dillinger Hütte zu Dillingen a. d. Saar.

h	*b*	*d*	*B*	*L*	*G*	*W*	Freitragende Länge (in Met.)				
							1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
							gleichf. vert. Belaſtung				
45	150	2,0	1,05	3,0	18,5	19	1140	507	285	182	127
75	230	3,0	0,92	3,0	29	52	3120	1387	780	499	347
75	230	3,5	0,92	3,0	34	60	3600	1600	900	576	400
75	230	4,0	0,92	3,0	39	67	4020	1787	1005	643	447
75	230	4,5	0,92	3,0	44	73	4380	1947	1095	701	487
75	230	5,0	0,92	3,0	49	80	4800	2133	1200	768	533
75	230	5,5	0,92	3,0	54	86	5160	2293	1290	826	573
75	230	6,0	0,92	3,0	59	92	5520	2453	1380	883	613
Millim.			Met.		Kg.		Kilogr.				

Preis des Wellbleches, einſchl. Verlegen, etwa 290 Mark für 1000 kg.

Hein, Lehmann & Co. zu Berlin.

In den Dicken von 1 bis 26 der deutſchen Lehre.

Nr.	*h*	*b*	*G* für 1 qm bei 1 mm Stärke	*W* bei 1 m Breite und 1 mm Stärke
2½/10	25	100	9,4	7,5
3/10	30	100	9,8	9,5
3½/10	35	100	10,4	12
4/10	40	100	11,1	14
4½/10	45	100	11,5	16
2½/10	25	150	8,5	7
3/15	30	150	8,8	8,5
3½/15	35	150	9,1	10
4/15	40	150	9,4	12
4½/15	45	150	9,8	14
5/15	50	150	10,2	16
	Millim.		Kilogr.	

Jacob Hilgers zu Rheinbrohl.

Nr. der deutſchen Blechlehre	*d*	*G* für 1 qm überdeckte Fläche, einſchl. Ueberdeckungen				
		Profil I. *b* = 120 mm *h* = 25 »	Profil II. *b* = 135 mm *h* = 30 »	Profil III. *b* = 150 mm *h* = 40 »	Profil IV. *b* = 150 mm *h* = 45 »	Profil V. *b* = 76 mm *h* = 25 »
15	1,80	14,6	14,8	15,7	16,6	16,4
16	1,33	13,4	13,6	14,5	15,2	15,0
17	1,25	12,2	12,3	13,1	13,8	13,6
18	1,13	11,0	11,1	11,9	12,4	12,3
19	1,00	9,8	9,9	10,5	11,0	10,9
20	0,88	8,5	8,6	9,2	9,7	9,6
21	0,75	7,3	7,4	7,9	8,3	8,2
	Millim.	Kilogr.				

L. Fr. Buderus, Germania bei Neuwied.

Nr	*h*	*b*	*d*	*G* für 1 mm Dicke	*L* bis
Z	12	40	0,5—0,375	11	3,1
X	25	75	0,6—1,0	10,1	»
A	27	85	0,8—1,5	9,5	»
B	29	122	0,6—1,75	8,8	»
C	35	137	0,8—1,75	9,1	»
D	40	150	0,8—2	9,2	»
E	75	230	3—5	9,9	»
	Millim.			Kilogr.	Met.

Breeſt & Co. zu Berlin.

L bis 4 m.

Nr.	*b*	*h*	*d*	*G*	*B*	Nr.	*b*	*h*	*d*	*G*	*B*
A	200	80	4	68	0,45	*C*	180	60	2	30	0,55
»	»	»	3	51	«	»	»	»	1,5	22,5	»
»	»	»	2	32	»	»	»	»	1	15	»
»	»	»	1	16	»	*D*	180	50	1	13	0,60
B	180	70	2	32	0,55	*E*	150	45	1	9	0,60
»	180	70	1,5	24	»	*F*	90	25	1	10	0,75
»	»	»	1	16	»						
	Millim.			Kilogr.	Met.		Millim.			Kilogr.	Met.

b Breite, *h* Höhe einer Welle, *d* Dicke des Bleches (in Millim.); *B* und *L* Breite und Länge (in Met.), bis zu welcher die Bleche geliefert werden; *G* Gewicht (in Kilogr.) für 1 qm; *W* Widerſtandsmoment (bezogen auf Centim.) für 1 m Breite; gröſste Beanſpruchung des Eiſens 750 kg für 1 qcm. (In einigen Tabellen iſt *W* für die Breite *b* einer Welle angegeben, was im Kopfe der betreffenden Tabelle beſonders bemerkt iſt.)

Digitized by Google

B) Trägerwellbleche.

Hein, Lehmann & Co. zu Berlin.

Nr.	*h*	*b*	*G* für 1 qm bei 1 mm Stärke rund	*W* für 1 m Breite bei 1 mm Stärke	Nr.	*h*	*b*	*d*	*G* für 1 qm bei 1 mm Stärke	*W* für 1 m Breite = 10 Wellen bei 1 mm Stärke
1	15	40	10,7	5,1	5a	50	100	1—2	12,5	17
2	20	40	12,6	7,6	6	60	100	1—2	14,1	25,2
3	15	50	9,8	4,7	7	70	100	1—3	15,7	33
4	25	50	12,6	9,8	8	80	100	1—5	17,8	40,5
5	30	60	12,6	11,7	9	90	100	1—5	18,9	48,4
					10	100	100	2—5	20,5	56,5
					11	110	100	2—5	22,1	68
	Millim.		Kilogr.			Millim.			Kilogr.	

L. Fr. Buderus, Germania b. Neuwied.

Nr.	*h*	*b*	*d*	*G* für 1 qm bei 1 mm Stärke	*W* für 1 mm Stärke und die Breite *b*
0	45	90	1-1½	12	1,550
I	50	90	»	13	1,885
II	55	90	»	14	2,105
III	60	90	»	15	2,440
VII	60	100	1—3	14,25	2,617
VIII	65	100	»	15	2,980
IX	70	100	2—3	15,8	3,330
X	75	100	»	16,6	3,600
XI	80	100	»	17,5	4,050
XVI	80	120	2—5	14,64	4,461
XVII	90	120	»	16,55	5,285
XVIII	100	120	»	17,50	6,393
	Millim.			Kilogr.	

Jacob Hilgers zu Rheinbrohl.

Nr. der deutschen Blechlehre	*d*	Gewicht für 1 qm ohne Ueberdeckung						
		Profil O. *b* = 90 mm *h* = 45 »	Profil A. *b* = 90 mm *h* = 50 »	Profil B. *b* = 90 mm *h* = 60 »	Profil C. *b* = 90 mm *h* = 70 »	Profil D. *b* = 100 mm *h* = 80 »	Profil E. *b* = 100 mm *h* = 90 »	Profil F. *b* = 100 mm *h* = 100 »
5	4	48	52	60	68	72	76	84
9	3	36	39	45	51	54	57	63
16	2	24	26	30	34	36	38	42
19	1	12	13	15	17	18	19	21
	Millim.	Kilogr.						

A. Kammerich & Co. zu Berlin.

Nr.	*h*	*b*	*d*	*G*	*W* für 1 m Breite	Nr.	*h*	*b*	*d*	*G*	*W* für 1 m Breite
1	10	20	0,5	6	1,850	19	80	100	1	17	40,500
2	15	30	1	12	5,532	20	80	100	1,5	25,5	60,400
3	20	30	1	13,5	8,800	21	80	100	2	34	80,000
4	25	40	1	13,8	10,700	22	80	100	2,5	42,5	99,600
5	30	40	1	15	14,250	23	80	100	3	51	118,600
6	45	90	1	12	17,267	24	80	100	4	68	156,500
7	45	90	1,5	18	25,633	25	90	100	2	37	96,800
8	45	90	2	24	33,844	26	90	100	2,5	46	120,630
9	50	90	1	13	20,289	27	90	100	3	55,5	144,040
10	50	90	1,5	19,5	30,355	28	90	100	4	74	190,200
11	50	90	2	26	40,089	29	100	100	2	40	115,220
12	60	90	1	15	27,166	30	100	100	3	60	171,000
13	60	90	1,5	22,5	40,533	31	100	100	4	80	225,800
14	60	90	2	30	53,610	32	100	100	5	100	279,800
15	70	90	1	16	34,777	33	100	130	2	33	98,328
16	70	90	1,5	24	51,888	34	100	130	3	49,5	146,169
17	70	90	2	32	68,722	35	100	130	4	66	193,161
18	70	90	2,5	40	85,366	36	100	130	5	82,5	239,400
	Millim.			kg			Millim.			kg	

Pfeiffer & Druckenmüller zu Berlin.

Nr.	*h*	*b*	*d*	*G*	*W* für 1 m Breite	Nr.	*h*	*b*	*d*	*G*	*W* für 1 m Breite
DE 8	70	90	2	32	68,000	*E* 4	60	90	1	15	26,600
» 6	70	90	1,5	24	51,100	*F* 4	50	90	1	13	21,000
» 4	70	90	1	16	34,200	*G* 4	45	90	1	12	17,000
E 8	60	90	2	30	53,000	» 3	45	90	0,75	9-10	12,750
» 6	60	90	1,5	23	36,900						
1	50	100	1	12	17,000	18	80	100	3	52	120,000
2	60	100	1	14	25,200	19	90	100	3	55	144,000
3	70	100	1	16	33,000	20	120	100	2	47	152,500
4	60	100	1½	21	37,800	21	80	100	4	71	160,000
5	80	100	1	17	40,000	22	100	100	3	61	169,200
6	90	100	1	18	48,000	23	90	100	4	76	182,000
7	60	100	2	29	50,400	24	140	100	2	52	199,600
8	70	100	1½	23,5	50,500	25	80	100	5	90	200,000
9	100	100	1	20	56,400	26	100	100	4	81	225,600
10	80	100	1½	25,5	60,000	27	120	100	3	70	228,800
11	70	100	2	31	67,000	28	90	100	5	96	230,000
12	90	100	1½	28	72,000	29	100	100	5	101	282,000
13	80	100	2	35	80,000	30	140	100	3	78	299,400
14	100	100	1½	30	84,600	31	120	100	4	94	305,000
15	90	100	2	38	96,000	32	120	100	5	118	381,000
16	70	100	3	48	101,100	33	140	100	4	106	399,200
17	100	100	2	40	112,800	34	140	100	5	133	499,000
	Millim.			kg			Millim.			kg	

L. Bernhard & Co. zu Berlin.

Nr.	*h*	*b*	*d*	*G*	*W* für 1 m Breite	Nr.	*h*	*b*	*d*	*G*	*W* für 1 m Breite
1	20	30	1	13,4	7,800	17	100	120	2	33	98,206
2	30	44	1	13,9	12,181	18	101	120	3	50	146,550
3	50	90	1	12,5	19,355	19	102	120	4	67	194,258
4	50,5	90	1,5	18,7	28,989	20	103	120	5	84	241,600
5	60	90	1	14	25,966	21	120	140	3	50	176,986
6	60,5	90	1,5	21,1	39,289	22	121	140	4	63	235,393
7	61	90	2	28,4	51,333	23	122	140	5	84,7	292,986
8	70	90	1	15,6	33,344	24	123	140	6	102,5	350,085
9	71	90	2	31,6	66,111	25	150	160	3	54,2	237,569
10	72	90	3	48	98,378	26	151	160	4	72,6	315,556
11	80	100	1	16	39,070	27	152	160	5	91,2	393,075
12	81	100	2	32,4	77,410	28	153	160	6	109	470,000
13	82	100	3	49	114,910	29	200	200	3	57,4	338,440
14	90	100	2	35	92,210	30	201	200	4	77	443,215
15	91	100	3	53	137,110	31	202	200	5	96,5	554,935
16	92	100	4	71	182,400	32	203	200	6	116,3	664,045
	Millim.			kg			Millim.			kg	

Breest & Co. zu Berlin.

Nr.	*h*	*b*	*d*	*G*	*W* für 1 m Breite	Nr.	*h*	*b*	*d*	*G*	*W* für 1 m Breite
1	100	130	4	66	244,00	2	80	110	1	16	40,14
»	100	130	3	49	188,00	3	70	90	2	34	60,65
»	100	130	2	33	122,00	»	70	90	1,5	25,5	45,49
1a	100	100	3	61	169,20	»	70	90	1	17	30,30
»	100	100	2	40	112,80	4	60	90	2	30	47,71
1b	90	100	2	37	96,80	»	60	90	1,5	22,5	35,67
»	90	100	1,5	27,5	73,00	»	60	90	1	15	23,61
2	80	110	4	63	160,56	5	50	90	1	13	17,61
»	80	110	3	47	120,42	6	45	90	1	12	14,87
»	80	110	2	32	80,32	7	30	90	1	15,5	6,02
»	80	110	1	24	60,26	8	20	90	1	14,5	2,74
	Millim.			kg			Millim.			kg	

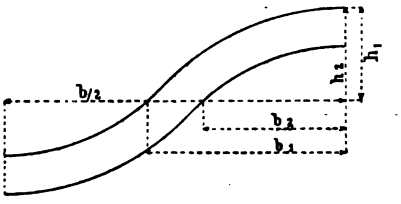
Digitized by Google

leicht durchzuführen. Die gebräuchlichen Abmeſſungen der Blechtafeln gehen aus den Bemerkungen zu den Tabellen hervor.

Da, wo das Widerſtandsmoment einer Blechſorte nur für $d = 1$ mm angegeben iſt, erhält man die Widerſtandsmomente anderer Blechſtärken genau genug durch Veränderung der angegebenen Momentenzahl nach dem Verhältniſſe der Blechſtärke.

Die Längen der Tafeln werden in der Regel bis 4,00 m und die Breiten bis 1,00 m geliefert.

Fig. 447.



Die Tabellen zeigen, daſs die Widerſtandsmomente, welche gröſser als 92 ſind, lediglich in Trägerwellblechen (ſiehe S. 176) erreicht werden, und daſs man alſo in einem ſolchen Falle zur Verwendung dieſer gezwungen iſt.

In Fällen, wo das erforderliche Widerſtandsmoment kleiner als 90 iſt, ſind vergleichende Rechnungen zwiſchen beiden Arten zu empfehlen, da das flache Wellblech bei kleinerem Widerſtandsmoment zugleich erheblich geringeres Gewicht hat und daher unter Umſtänden das leichtere Ergebnis liefern kann.

Für beliebige flach gewellte Bleche ergiebt ſich das Trägheitsmoment für die wagrechte Mittelachſe und eine Wellenbreite b nach der Formel (Fig. 447)

$$\mathcal{J} = \frac{3}{5}(b_1 h_1^3 - b_2 h_2^5), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 60.$$

für welche die Maſse b_1, b_2, h_1 und h_2 durch Auftragen einer Viertelwelle in groſsem Maſsſtabe oder auch durch Berechnung leicht zu ermitteln ſind.

Fig. 448.

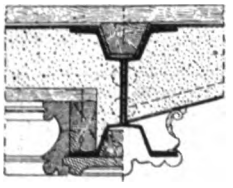
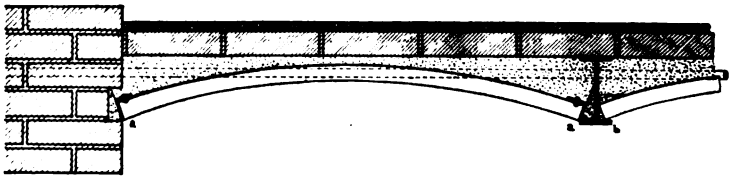


Fig. 449.

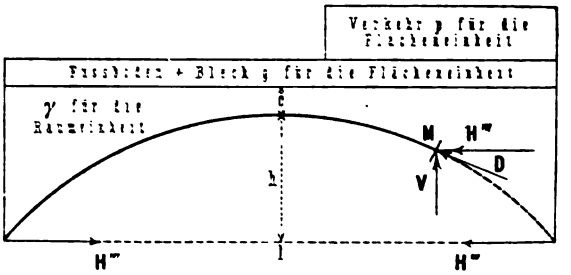


265. Fachausfüllung mit Wellblechbogen.

Werden die Balkenfache mit Wellblechbogen, bombiertem Wellbleche, ausgefüllt (ſiehe Fig. 448 rechts u. Fig. 449), ſo ſind die Abmeſſungen, Gewichte und Widerſtandsmomente der Wellbleche den Tabellen auf S. 236 u. 237 zu entnehmen.

Mit Bezug auf Fig. 450 bezeichne: b die Bogenweite (Trägerteilung), h den Pfeil der Bogenmittellinie, c die etwaige Ueberfüllungshöhe im Scheitel, g das Gewicht des Bleches und des Fuſsbodens für die Flächeneinheit, γ das Gewicht der Ueberfüllung für die Raumeinheit, p die Nutzlaſt für die Flächeneinheit, $q = p + g$ die Geſamtlaſt für die Flächeneinheit ausſchlieſslich der Ueberfüllung, M das ungünſtigſte Biegungsmoment bei einſeitiger Belaſtung, H' den wagrechten Bogenſchub bei voller Belaſtung, H'' den gröſstmöglichen Gegenſchub des unbelaſteten Bogens, H''' den von

Fig. 450.



Digitized by Google

der im Sinne der Vergröſserung von M ungünſtigſten einſeitigen Belaſtung erzeugten Bogenſchub, V die lotrechte Scherkraft im Querſchnitte des gröſsten Biegungsmoments bei ungünſtigſter einſeitiger Belaſtung, D den rechtwinkelig zum unterſuchten Querſchnitte ſtehenden Längsdruck und s die zuläſſige gröſste Beanſpruchung auf 1 qcm des Blechquerſchnittes. Alsdann iſt

$$H' = \frac{b^2}{8h}\left[q + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right)\right]; \quad \ldots \quad 61.$$

$$M = b^2\,(0{,}00078\;\gamma\,h + 0{,}0162\;p); \quad \ldots \quad 62.$$

$$H''' = \frac{b^2}{8h}\left[g + \gamma\left(c + \frac{h}{5}\right) + 0{,}4\;p\right]; \quad \ldots \quad 63.$$

$$V = b\left[\frac{g}{4} + \gamma\left(\frac{c}{4} + \frac{h}{48}\right) + 0{,}108\;p\right]; \quad \ldots \quad 64.$$

$$D = \sqrt{H'''^2 + V^2}; \quad \ldots \quad 65.$$

$$H'' = \frac{s}{\frac{he}{\mathfrak{J}} + \frac{1}{F}} + \frac{b^2\left[g + \gamma\left(c + \frac{h}{6}\right)\right]}{8\left(h + \frac{\mathfrak{J}}{eF}\right)} \quad \ldots \quad 66.$$

Die Laſt der voll belaſteten Kappe für die Längeneinheit der Unterſtützung iſt

$$Q' = b\left[q + \gamma\left(c + \frac{h}{3}\right)\right]. \quad \ldots \quad 67.$$

In dieſen Gleichungen bedeutet F den Querſchnitt des Bleches und $\frac{\mathfrak{J}}{e} = W$ das Widerſtandsmoment des Querſchnittes, welches aus den Tabellen auf S. 236 u. 237 zu entnehmen oder aus Gleichung 60 (S. 238) durch Diviſion von $\mathfrak{J}$ mit der halben Blechhöhe zu berechnen iſt.

Die gröſste im Bleche vorkommende Beanſpruchung iſt

$$\sigma_1 = \frac{Me}{\mathfrak{J}} + \frac{D}{F}\ (\text{Druck}), \quad \ldots \quad 68.$$

$$\sigma_2 = \frac{Me}{\mathfrak{J}} - \frac{D}{F}\ (\text{Zug}). \quad \ldots \quad 69.$$

Wird der Wellblechbogen, wie zu empfehlen, mit magerem Beton der Dicke c im Scheitel überſtampft, ſo kann man als Gegenſchub des unbelaſteten Bogens den Wert H'' nach Gleichung 66 berechnen; jedoch darf ſelbſtverſtändlich auch hier der Gegenſchub des unbelaſteten Bogens höchſtens gleich dem Schube H' (Gleichung 61) des belaſteten Bogens werden.

Beiſpiel. Ein (b =) 3,00 m weiter Bogen von (h =) 0,25 m Pfeil iſt mit magerem Beton aus Backſtein $\gamma = 1600$ kg für 1 cbm im Scheitel (c =) 0,12 m hoch überſchüttet und trägt 0,025 m Zementeſtrich von 2500 kg für 1 cbm Gewicht. Bei 27,5 kg für 1 qm Gewicht des Bleches iſt dann $g = 27{,}5 + 0{,}025 \cdot 2500 =$ 90 kg für 1 qm. Die Nutzlaſt beträgt $p = 700$ kg für 1 qm; alſo iſt $q = 700 + 90 + 790$ kg für 1 qm. Nach Gleichung 61 iſt

$$H' = \frac{3^2}{8 \cdot 0{,}25}\left[790 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right)\right] = 4780\text{ kg für 1 m Länge};$$

nach Gleichung 62

$$M = 3^2\,(0{,}00078 \cdot 1600 \cdot 0{,}25 + 0{,}0162 \cdot 700) = 104{,}96\text{ mkg};$$

nach Gleichung 63

$$H''' = \frac{3^2}{8 \cdot 0{,}25}\left[90 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{5}\right) + 0{,}4 \cdot 700\right] = 2890\text{ kg};$$

Digitized by Google

nach Gleichung 64

$$V = 3\left[\frac{90}{4} + 1600\left(\frac{0{,}12}{4} + \frac{0{,}25}{48}\right) + 0{,}108 \cdot 700\right] = 463\,\text{kg};$$

nach Gleichung 65

$$D = \sqrt{2890^2 + 463^2} = 2925\,\text{kg}.$$

Für das Trägerwellblech von *Hein, Lehmann & Co.*, Nr. 6 der Zuſammenſtellung auf S. 237, iſt bei 1 mm Stärke für 1 m Länge $\frac{\mathcal{J}}{e} = \frac{25{,}2}{100 \cdot 100 \cdot 100} = 0{,}0000252$ (auf Met. bezogen), und der Querſchnitt folgt bei 7800 kg für 1 cbm Eiſengewicht aus dem Blechgewichte von 14,1 kg für 1 qm mit $F = \frac{14{,}1}{7800} = 0{,}0018$ qm. Nach Gleichung 68 iſt alſo der gröſste Druck

$$\sigma_1 = \frac{104{,}96}{0{,}0000252} + \frac{2925}{0{,}0018} = 5797000\,\text{kg für 1 qm} = \text{rund } 580\,\text{kg für 1 qcm}$$

und nach Gleichung 69 der gröſste Zug

$$\sigma_2 = \frac{104{,}96}{0{,}0000252} - \frac{2925}{0{,}0018} = 2543000\,\text{kg für 1 qm} = \text{rund } 254\,\text{kg für 1 qcm};$$

das gewählte Blech iſt alſo reichlich ſtark, da man mit der Spannung für dieſen Fall ohne Bedenken bis 1000 kg für 1 qcm gehen könnte.

Der gröſste zuläſſige Gegenſchub einer unbelaſteten Kappe iſt nach Gleichung 66 bei $s = 1000\,\text{kg}$ für 1 qcm $= 10000000\,\text{kg}$ für 1 qm

$$H'' = \frac{10000000}{\frac{0{,}25}{0{,}0000252} + \frac{1}{0{,}0018}} + \frac{3^2\left[90 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{6}\right)\right]}{8\left(0{,}25 + \frac{0{,}0000252}{0{,}0018}\right)} = 955 + 1490 = 2445\,\text{kg},$$

und die gröſste lotrechte Belaſtung von 1 m der unterſtützenden Träger nach Gleichung 67

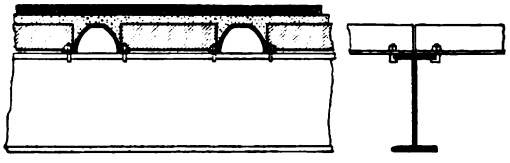
$$Q' = 3\left[790 + 1600\left(0{,}12 + \frac{0{,}25}{3}\right)\right] = 3345\,\text{kg}.$$

η) Fachausfüllungen mit Belageiſen.

266. Fachausfüllung mit Belageiſen.

Die ſtatiſchen Verhältniſſe der Fachausfüllungen mit Belageiſen (Fig. 451) ſind ſchon in Art. 203 (S. 182) erörtert. Die Belageiſen werden danach für die Balkenteilung als Stützweite als Träger auf zwei Stützen berechnet, wofür die Widerſtandsmomente dem Deutſchen Normalprofilbuche zu entnehmen ſind.

Fig. 451.



3) Querſchnittsermittelung für Balken und Träger.

267. Hölzerne Balken.

Holzbalken haben ausſchlieſslich rechteckigen Querſchnitt, und zwar — mit Rückſicht auf vorteilhafteſte Gewinnung eines Balkens aus dem runden Stamme — oft des Seitenverhältniſſes 5 : 7 [332]).

Die Berechnung [333]) erfolgt etwas zu ſicher für die gröſste Stützweite jedes Balkens bei 80 kg für 1 qcm zuläſſiger Beanſpruchung als Träger auf zwei Stützen. Alle hierher gehörenden Berechnungen können durch Benutzung der Auftragung in Fig. 452 vorgenommen werden [334]). Dort bezeichnet b die Breite, l die gröſste Stützweite, h die Höhe eines Balkens (in Centim.) und q die Geſamtbelaſtung für 1 lauf. Centim.

[332]) Siehe Teil III, Bd. 1 (Art. 156, S. 110; 2. Aufl.: Art. 15, S. 114) dieſes »Handbuches«.

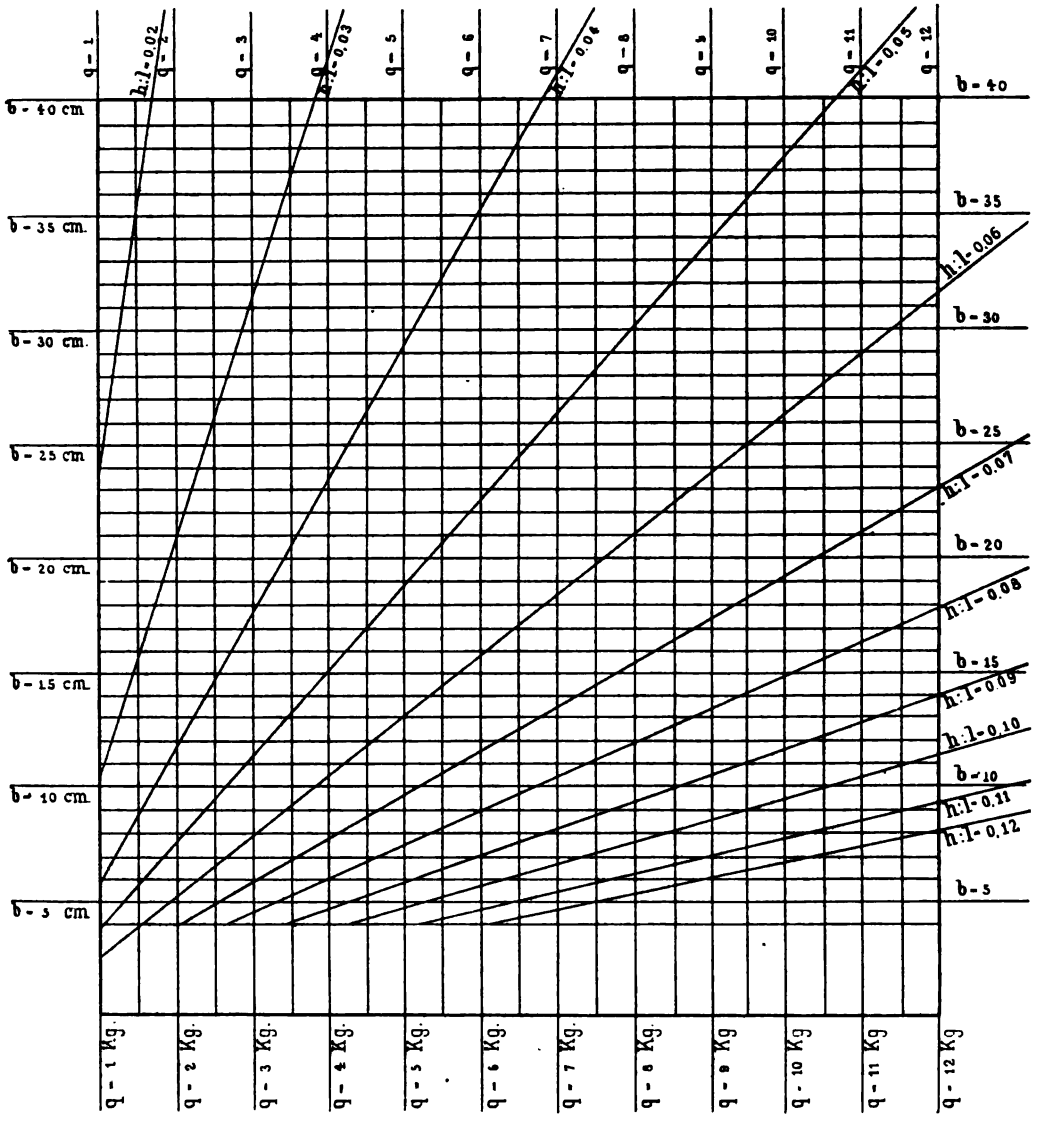
[333]) Angaben über die Eigengewichte hölzerner Balken finden ſich in einer Tabelle in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 318; 2. Aufl.: S. 17) dieſes »Handbuches«. — Siehe auch: Hartwig, C. Hülfstabellen für Holzbau, Berlin 1893.

[334]) Vergl auch: Garten. Diagramm zur Beſtimmung der Querſchnitte hölzerner Balken. Deutſche Bauz. 1887, S. 342.

Digitized by Google

Beiſpiel 1. Ein Balken iſt für 5,50 m Stützweite bei 1,05 m Fachteilung zu berechnen; die Eigenlaſt der Decke (halber Windelboden) beträgt 300 kg und die Nutzlaſt 250 kg für 1 qm. Die Laſt für 1 cm iſt demnach $q = \frac{1{,}05\,(300 + 250)}{100} = 5{,}8$ kg. Wird die Breite verſuchsweiſe mit 22 cm angenommen, ſo führen die Koordinaten $q = 5{,}8$ und $b = 22$ zur ſchrägen Linie $h : l = 0{,}05$, und ſomit muſs $h = 0{,}05 \cdot 550 = 27{,}5$ cm ſein, ein geeignetes Verhältnis. Hätte ſich eine ungeeignet erſcheinende Höhe ergeben, ſo hätte man durch Aenderung der Ordinate b ein beſſeres Verhältnis finden können.

Fig. 452.



Beiſpiel 2. Eine Decke, welche im ganzen 400 kg auf 1 qm zu tragen hat, ſoll bei 4,50 m Stützweite aus Balken von $b = 20$ und $h = 25$ cm hergeſtellt werden. Wie darf die Balkenteilung gewählt werden? Es iſt $h : l = \frac{25}{450} = 0{,}056$. Man ſuche den Schnitt der Linie $0{,}056 = h : l$ mit der Wagrechten durch $b = 20$ cm; alsdann ſchneidet dieſer die Abſciſſe $q = 6{,}5$ kg ab, und die zuläſſige Balkenteilung d folgt dann aus $\frac{d \cdot 400}{100} = 6{,}5$ mit $d = 1{,}625$ m.

Digitized by Google

Beiſpiel 3. Wie weit kann ſich ein Balken von $b = 15$ und $h = 25$ cm bei $1{,}10$ m Fachteilung unter 500 kg Belaſtung für 1 qm frei tragen? Es iſt $q = \frac{1{,}1 \cdot 500}{100} = 5{,}5$ kg; die Koordinaten $q = 5{,}5$ und $b = 15$ geben die Linie $h : l = 0{,}058$; alſo kann $l = \frac{25}{0{,}058} = 430$ cm ſein.

Eine bequeme Formel zur Berechnung von Holzbalken iſt die folgende. Es bezeichnet q die Geſamtlaſt für 1 qm Deckenfläche (in Kilogr.), b die Breite und h die Höhe eines Balkens (in Centim.), d die Teilung der Balken von Mitte zu Mitte (in Centim.) und l die Stützweite des Balkens. Alsdann findet ſtatt

$$h = 0{,}000968\, l \sqrt{q \frac{d}{b}}, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 70.$$

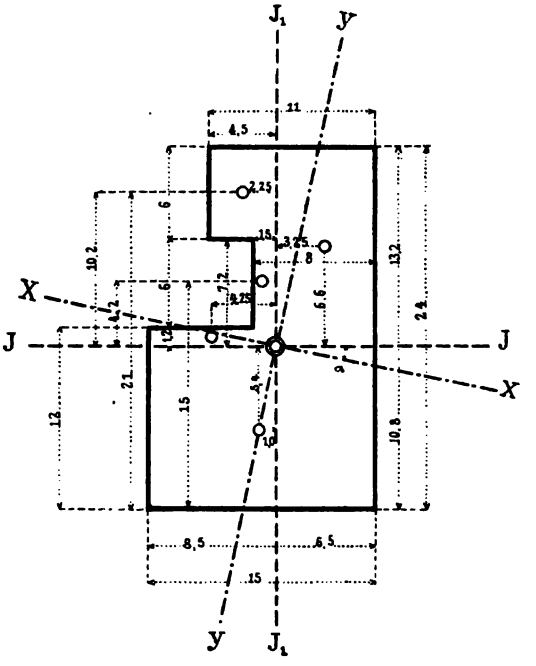
worin für gewöhnliche Verhältniſſe $\frac{d}{b}$ zwiſchen 5 und 6 liegen wird.

Beiſpiel. Soll eine Decke aus 5 m weit freitragenden Balken auf 1 qm 500 kg tragen, und wird zunächſt $\frac{d}{b} = 5$ angenommen, ſo iſt

$$h = 0{,}000968 \cdot 500 \sqrt{500 \cdot 5} = 24{,}2 \text{ cm}$$

zu machen. Dabei kann dann nach Belieben, entſprechend $\frac{d}{b} = 5$, $d = 100$ cm und $b = 20$ cm oder $d = 90$ cm und $b = 18$ cm oder $d = 80$ cm und $b = 16$ cm gewählt werden.

Fig. 453.



268. Berechnung unſymmetriſcher Balkenquerſchnitte.

Hiernach bleibt nur noch anzugeben, wie die Spannungen in einem durch den Bruſtzapfen eines Wechſels oder auf eine andere Weiſe geſchwächten Balkenquerſchnitte zu ermitteln ſind. Dies ſoll ſofort gleich an einem Beiſpiele vorgeführt werden, welches die Auflagerung des mit 5 bezeichneten ausgewechſelten Balkens der Gruppe A in Fig. 41 (S. 35) auf den Wechſel an der Wand zum Gegenſtande hat.

Die Decke hat 400 kg zu tragen und $0{,}75$ m Balkenteilung; alſo iſt $q = 3$ kg und bei $b = 15$ cm, $l = 5{,}45$ m ergiebt die Auftragung in Fig. 452: $h : l = 0{,}043$, alſo $h = 0{,}043 \cdot 545 = 23{,}5 =$ rund 24 cm. Der Wechſel ſoll aus einem Abſchnitte desſelben Holzes hergeſtellt werden. Die Laſt, welche er vom Balken in ſeiner Mitte erhält, iſt $545 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2} =$ rund 820 kg; ſeine Stützweite von Balkenmitte bis Balkenmitte beträgt $2 \cdot 75 = 150$ cm, folglich das Angriffsmoment $M = \frac{820}{2} \cdot \frac{150}{2} = 30750$ qmkg.

Der Bruſtzapfen im Wechſel wird nach Fig. 453 ausgeführt. Vom bleibenden Querſchnitte iſt zuerſt der Schwerpunkt zu ſuchen. Dieſer ſteht ab

von der Unterkante: $$\frac{11 \cdot 6 \cdot 21 + 8 \cdot 6 \cdot 15 + 12 \cdot 15 \cdot 6}{11 \cdot 6 + 8 \cdot 6 + 12 \cdot 15} = 10{,}8 \text{ cm};$$

von der rechten Kante: $$\frac{11 \cdot 6 \cdot 5{,}5 + 8 \cdot 6 \cdot 4 + 12 \cdot 15 \cdot 7{,}5}{11 \cdot 6 + 8 \cdot 6 + 12 \cdot 15} = 6{,}5 \text{ cm}.$$

Demnach iſt das Trägheitsmoment für die wagrechte Schwerpunktsachſe

$$\mathcal{J} = 11 \frac{13{,}2^3 - 7{,}2^3}{3} + 8 \frac{7{,}2^3 - 1{,}2^3}{3} + 15 \frac{1{,}2^3 + 10{,}8^3}{3} = 14360;$$

Digitized by Google

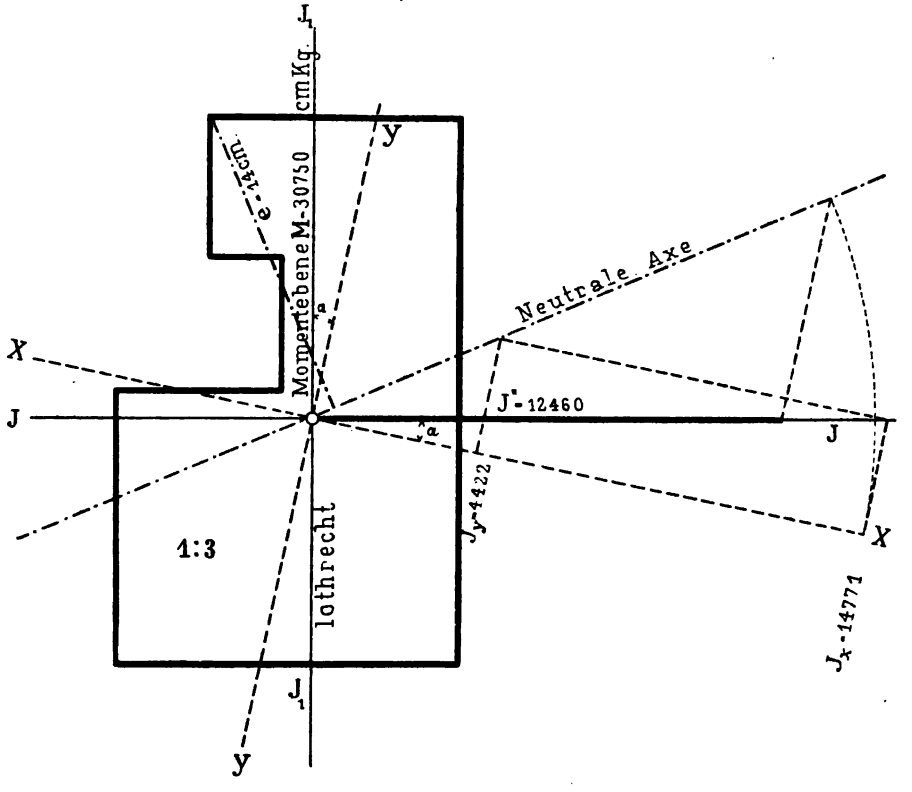
für die lotrechte Schwerpunktsachse

$$\mathcal{J}_1 = 12\,\frac{6{,}5^3 + 8{,}5^3}{3} + 6\,\frac{1{,}5^3 + 6{,}5^3 + 4{,}5^3 + 6{,}5^3}{3} = 4842\,.$$

Das Zentrifugalmoment H[335]) ist

$$H = 13{,}2\,.\,6{,}5\,.\,3{,}25\,.\,6{,}6 - 6\,.\,4{,}5\,.\,2{,}25\,.\,10{,}2 - 6\,.\,1{,}5\,.\,4{,}2\,\frac{1{,}5}{2} - 1{,}2\,.\,8{,}5\,.\,4{,}25\,\frac{1{,}2}{2} + 15\,.\,10{,}8\,.\,1{,}0\,.\,5{,}4 = +\,2044.$$

Fig. 454.



Demnach folgt der Winkel α, welchen die erste Trägheitshauptachse X mit der Achse $\mathcal{J}$ bildet[336]), aus

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\,.\,2044}{4842 - 14360} = \frac{2H}{\mathcal{J}_1 - \mathcal{J}}\,.$$

Daraus ergiebt sich $\alpha = -\,11^0\,37'\,21''$; ferner

$$\sin 2\alpha = -\,0{,}3946\,,\quad \sin^2\alpha = 0{,}0406\,,\quad \cos^2\alpha = 0{,}9594\,,$$

und schliefslich[337])

$$\mathcal{J}_x = \mathcal{J}\cos^2\alpha + \mathcal{J}_1\sin^2\alpha - H\sin 2\alpha = 14360\,.\,0{,}9594 + 4842\,.\,0{,}0406 + 2044\,.\,0{,}3946 = 14771\,,$$

$$\mathcal{J}_y = \mathcal{J}\sin^2\alpha + \mathcal{J}_1\cos^2\alpha + H\sin 2\alpha = 14360\,.\,0{,}0406 + 4842\,.\,0{,}9594 + 2044\,.\,0{,}3946 = 4383\,.$$

In Fig. 454 ist auf Grund dieser Werte die Berechnung der gröfsten Spannung der gefährdetsten Ecke am Bruftzapfen durchgeführt.

Die Spannungsnulllinie ergiebt sich, wenn man (Fig. 454) die Ebene $\mathcal{J}$ (hier wagrecht) mit dem Winkel α gegen die X-Achse festlegt, um den die Momentebene (hier lotrecht) von der Y-Achse absteht, dann vom Schwerpunkte aus $\mathcal{J}_x = 14771$ und $\mathcal{J}_y = 4422$ in irgend einem Mafsstabe auf der X-Achse abfetzt und in beiden Punkten die Winkelrechte zur X-Achse zieht. Trägt man dann den Abschnitt auf der Winkelrechten in $\mathcal{J}_x$ im Winkel α auf der Winkelrechten in $\mathcal{J}_y$ auf und verbindet diesen Punkt mit dem Schwerpunkte, so erhält man die Nulllinie.

---

335) Vergl. Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 269; 2. Aufl.: S. 41; 3. Aufl.: S. 42) dieses »Handbuches«.

336) Nach Gleichung 46, S. 269 (2. Aufl.: Gleichung 24, S. 39; 3. Aufl.: Gleichung 24, S. 40) ebendaf.

337) Nach Gleichung 45, S. 269 (2. Aufl.: Gleichung 22, S. 39; 3. Aufl.: Gleichung 22, S. 40) ebendaf.

Digitized by Google

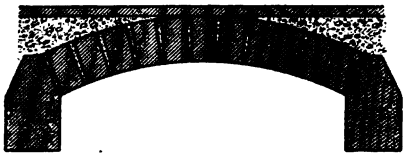
Man beſtimme nun den Abſtand e des am entfernteſten von der Nulllinie liegenden Punktes (Fig. 454), hier $e = 14^{cm}$, übertrage $\mathcal{J}_x$ auf die Nulllinie und ziehe von da die Rechtwinkelige zur X-Achſe; dieſe ſchneidet auf der den Winkel α mit der X-Achſe einſchlieſsenden Geraden $\mathcal{J}$ dann einen Wert $\mathcal{J}''$ (hier $\mathcal{J}'' = 12460$) ab, welcher mit e und M die ungünſtigſte Spannung nach der Gleichung

$$\sigma = \frac{Me}{\mathcal{J}} = \frac{30750 \cdot 14}{12460} = 34{,}3^{kg} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 71.$$

ergiebt. Der Wechſel iſt alſo trotz der Schwächung reichlich ſtark. Hierbei iſt das Verdrehungsmoment, welches ſich aus der Lagerung des Balkenendes aufserhalb des Schwerpunktes ergiebt, vernachläſſigt.

Nach dieſem Verfahren laſſen ſich alle geſchwächten Balken behandeln, mag die übrig bleibende Querſchnittsform ſein, welche ſie will. Auch wenn der Balken bei der Auswölbung nach Fig. 455 und Belaſtung nur einer der anſchlieſsenden Kappen neben den Laſten durch wagrechte Kräfte beanſprucht wird, iſt dasſelbe Verfahren am Platze; derartige Fälle werden bei der Auswölbung eiſerner Träger ausführlich behandelt werden.

Fig. 455.



269. Zeichneriſches Verfahren.

Da derartige Unterſuchungen der Balken auf Laſten, deren Richtung mit keiner der Querſchnittshauptachſen zuſammenfällt, oft vorkommen, ſo ſoll hier noch ein zweites, weſentlich auf Zeichnung beruhendes Verfahren mitgeteilt, und zwar wieder an dem in Fig. 453 dargeſtellten Beiſpiele durchgeführt werden[338]).

Nachdem für ein beliebiges rechtwinkeliges Achſenkreuz die beiden Trägheitsmomente und das Zentrifugalmoment berechnet ſind, hier $\mathcal{J} = 14360$, $\mathcal{J}_1 = 4842$ und $H = +2044$ (alle drei Gröſsen auf Centim. bezogen), ſetze man $\mathcal{J}$ und $\mathcal{J}_1$ hintereinander in dieſer Reihenfolge in beliebigem Maſsſtabe, hier $1^{mm} = 333$, vom Schwerpunkte S aus auf der Achſe auf, deren Richtung für die Meſſung der Höhen bei Berechnung von $\mathcal{J}$ maſsgebend war, hier die lotrechte (Fig. 456). In dem Punkte A, wo $\mathcal{J}$ und $\mathcal{J}_1$ zuſammenſtoſsen, errichte man die Rechtwinkelige und ſetze auf dieſe bis CH auf, und zwar im Sinne des Vorzeichens von H nach der Seite, welche bei Feſtſetzung der Querſchnittshebel das Vorzeichen erhalten hat, mit dem H erſcheint, hier rechts. Zieht man über der Länge $\mathcal{J} + \mathcal{J}_1$ als Durchmeſſer einen Kreis und verbindet C mit ſeinem Mittelpunkte N durch den Durchmeſſer BD, ſo ſind SB und SD die Hauptachſen Y und X; das Hauptträgheitsmoment $\mathcal{J}_x$ wird durch die Länge DC, hier 14817 (auf Centim. bezogen), das zweite Hauptträgheitsmoment $\mathcal{J}_y$ durch die Länge CB, hier 4383 (auf Centim. bezogen) gemeſſen[339]).

Man trage nun die Richtung der Kräfte ein, die $M = 30750^{cmkg}$ erzeugen, hier die lotrechte, und nenne die Koordinaten desjenigen Quadranten der Hauptachſen poſitiv: $+x$, $+y$, in den der Kraftpfeil von S aus hineinweiſt.

Soll nun die in einem beſtimmten Punkte, etwa einer der Ecken 1, 2, 3, 4 (Fig. 456) auftretende Spannung ermittelt werden, ſo berechne man für dieſen die Gröſsen

$$a = \frac{y}{\mathcal{J}_x} \quad \text{und} \quad b = \frac{x}{\mathcal{J}_y} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 72.$$

unter Berückſichtigung der Vorzeichen, alſo nach Fig. 456 für

Punkt 1:

$$x_1 = +8{,}7^{cm},\ y_1 = +9{,}3,\qquad a_1 = \frac{+9{,}3}{14817} = +0{,}000627\ \text{(auf Centim. bezogen)},\qquad b_1 = \frac{+8{,}7}{4383} = +0{,}00198\ \text{(auf Centim. bezogen)}$$

Punkt 2:

$$x_2 = +3{,}5^{cm},\ y_2 = -14{,}3^{cm},\ a_2 = \frac{-14{,}3}{14817} = -0{,}000963\ \text{(auf Centim. bezogen)},\qquad b_2 = \frac{+3{,}5}{4383} = +0{,}000798\ \text{(auf Centim. bezogen)}$$

Punkt 3:

$$x_3 = -7{,}1^{cm},\ y_3 = -11{,}9^{cm},\ a_3 = \frac{-11{,}9}{14817} = -0{,}000803\ \text{(auf Centim. bezogen)},\qquad b_3 = \frac{-7{,}1}{4383} = -0{,}001\,618\ \text{(auf Centim. bezogen)}$$

338) Siehe: Zeitſchr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447.

339) Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 11. — Zeitſchr. f. Bauw. 1892, S 549.

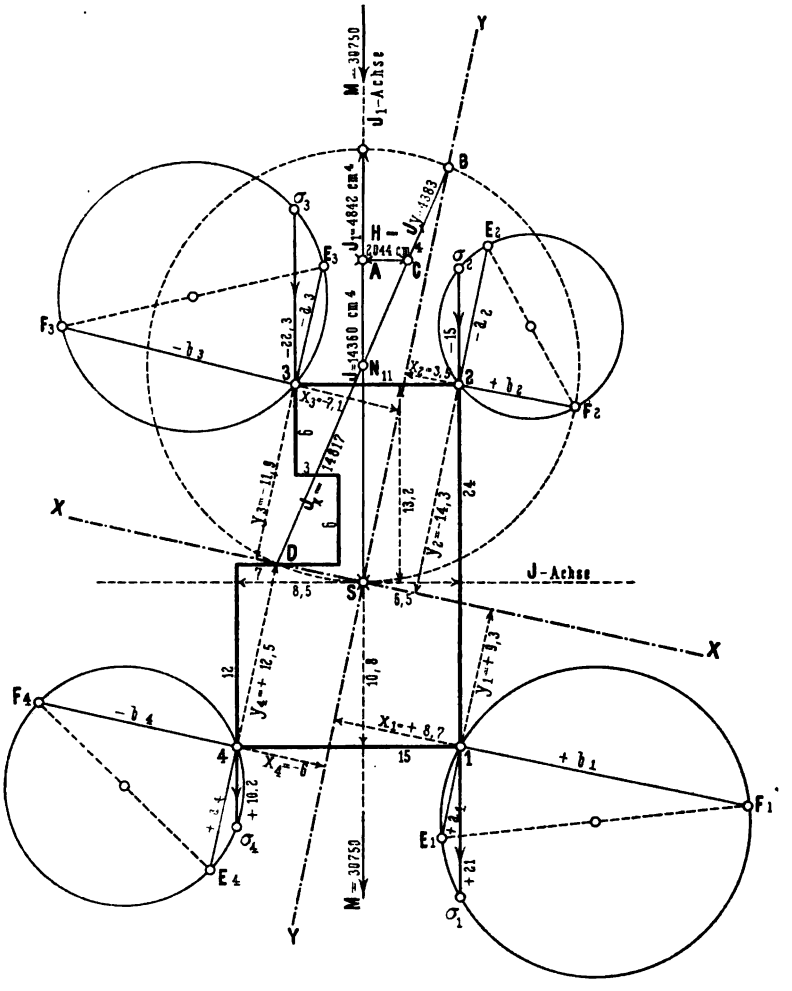
Digitized by Google

Punkt 4:

$$x_4 = -6\,\text{cm},\quad y_4 = +12{,}5\,\text{cm},\quad a_4 \frac{+12{,}5}{14817} = +0{,}000843\ \text{(auf Centim. bezogen)},\qquad b_4 = \frac{-6}{4383} = -0{,}001365\ \text{(auf Centim. bezogen)}$$

Dieſe Gröſsen a und b trage man unter Berückſichtigung des Vorzeichens a im Sinne von y, b im Sinne von x in dem zu unterſuchenden Punkte rechtwinkelig zu einander auf und lege durch die beiden ſo erhaltenen Punkte E, F und den zu unterſuchenden einen Kreis. Nun ziehe man in dieſen Kreis vom zu unterſuchenden Punkte aus eine Sehne in der Richtung der wirkenden Kraft, alſo der Momentenebene,

Fig. 456.



hier lotrecht, und greife die Länge σ dieſer Sehne in demjenigen Maſsſtabe ab, in dem die Gröſsen a und b aufgetragen ſind, in Fig. 456: 0,00005 (auf Centim. bezogen) = 1 mm und ſtelle das Produkt $M\sigma$ her; dieſes iſt die geſuchte Spannung s.

$$s = M\sigma \quad \ldots \quad 73.$$

Dieſe Spannung s iſt Zugſpannung, wenn die zugehörige Sehne σ mit dem Pfeilſinne von M vom unterſuchten Punkte weg, Druckſpannung, wenn ſie nach ihm hinweiſt.

In Fig. 456 iſt dies alles für die vier äuſserſten Querſchnittsecken durchgeführt; es iſt für:

Punkt 1: $\sigma_1 = 21$ mm, $s_1 = 21 \cdot 0{,}00005 \cdot 30705 = +32{,}3$ kg für 1 qcm;
Punkt 2: $\sigma_2 = -15$ mm, $s_2 = -15 \cdot 0{,}00005 \cdot 30705 = -23$ kg für 1 qcm;
Punkt 3: $\sigma_3 = -22{,}3$ mm, $s_3 = -22{,}3 \cdot 0{,}00005 \cdot 30705 = -34{,}3$ kg für 1 qcm;
Punkt 4: $\sigma_4 = +10{,}2$ mm, $s_4 = +10{,}2 \cdot 0{,}00005 \cdot 30705 = +15{,}7$ kg für 1 qcm.

Digitized by Google

Punkt $\mathfrak{z}$ ist also der gefährlichste; die Spannung ergiebt sich ebenso, wie nach der vorstehenden Berechnung.

Noch verdient bemerkt zu werden, dass die Grössen a und b, also die Spannungskreise, in den zu untersuchenden Ecken ganz unabhängig von der Grösse und Richtung des Moments M sind. Aendert M seine Grösse, so wird nur die mit σ zu multiplizierende Zahl anders; ändert M seine Richtung, so braucht man

Fig. 457.

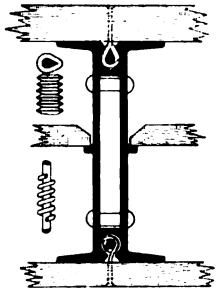


Fig. 458.

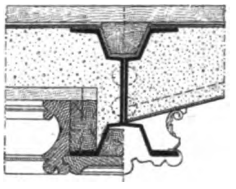
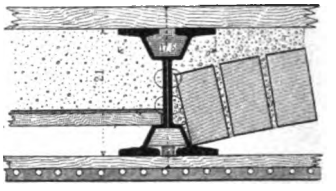


Fig. 459.



nur die Sehnen σ in dieser neuen Richtung zu ziehen und zu messen; dann ergeben sich die neuen Spannungen s immer wieder nach $M\sigma$. Man kann also nach diesem Verfahren die Wirkung von Momenten wechselnder Richtung sehr leicht verfolgen, wenn die Kreise einmal gezeichnet sind. Die Momentenrichtung, welche in einem Punkte die Spannung Null erzeugt, ist die Richtung der Berührenden an den Spannungskreis im untersuchten Punkte.

270. Eiserne Träger.

Eiserne Träger werden in den Hochbau immer mehr als Ersatz für die Holzbalken eingeführt; ihre Verwendung bildet bei grösseren Bauten heute schon die Regel.

Eine für gewöhnliche Fälle häufig verwendete Trägerform ist die alte Eisenbahnschiene, welche sich durch niedrigen Preis empfiehlt. Das Widerstandsmoment $\frac{\mathfrak{J}}{e}$ abgenutzter neuerer Schienenquerschnitte von der Höhe h (in Centim.) kann

$$\frac{\mathfrak{J}}{e} = 0{,}06\, h^3 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 74.$$

gesetzt werden. Der Vorteil der Billigkeit wird jedoch zum Teile dadurch aufgehoben, dass man das oft sehr beschädigte Eisen nicht so hoch beanspruchen darf wie neue Träger, und zwar höchstens mit 700 kg für 1 qcm.

Für gute Ausführungen ist wegen der Unsicherheit des Gefüges in alten Schienen die Verwendung neuer Träger zu empfehlen. Fast ausschliesslich kommen hier I-Träger, sonst von gewalzten Trägern Z- und [-Querschnitte[340]), dann zusammengesetzte Blech- und Gitterträger[341]) und schliesslich besondere Trägerformen für bestimmte Zwecke zur Verwendung, namentlich zur Erzielung grösserer Seitensteifigkeit, wie derjenige von *Gocht* (Fig. 457), derjenige von *Klette* (Fig. 458 u. 459) und derjenige mit *Lindsay*-Eisen unten oder oben und unten verstärkte I-Träger (Fig. 460).

Fig. 460.

271. Berechnung lotrecht belasteter Träger.

Sind die Träger nur lotrecht belastet, so sind die grössten Biegungsmomente für die nach dem früher Gesagten meist verwendeten Träger auf zwei Stützen leicht zu ermitteln.

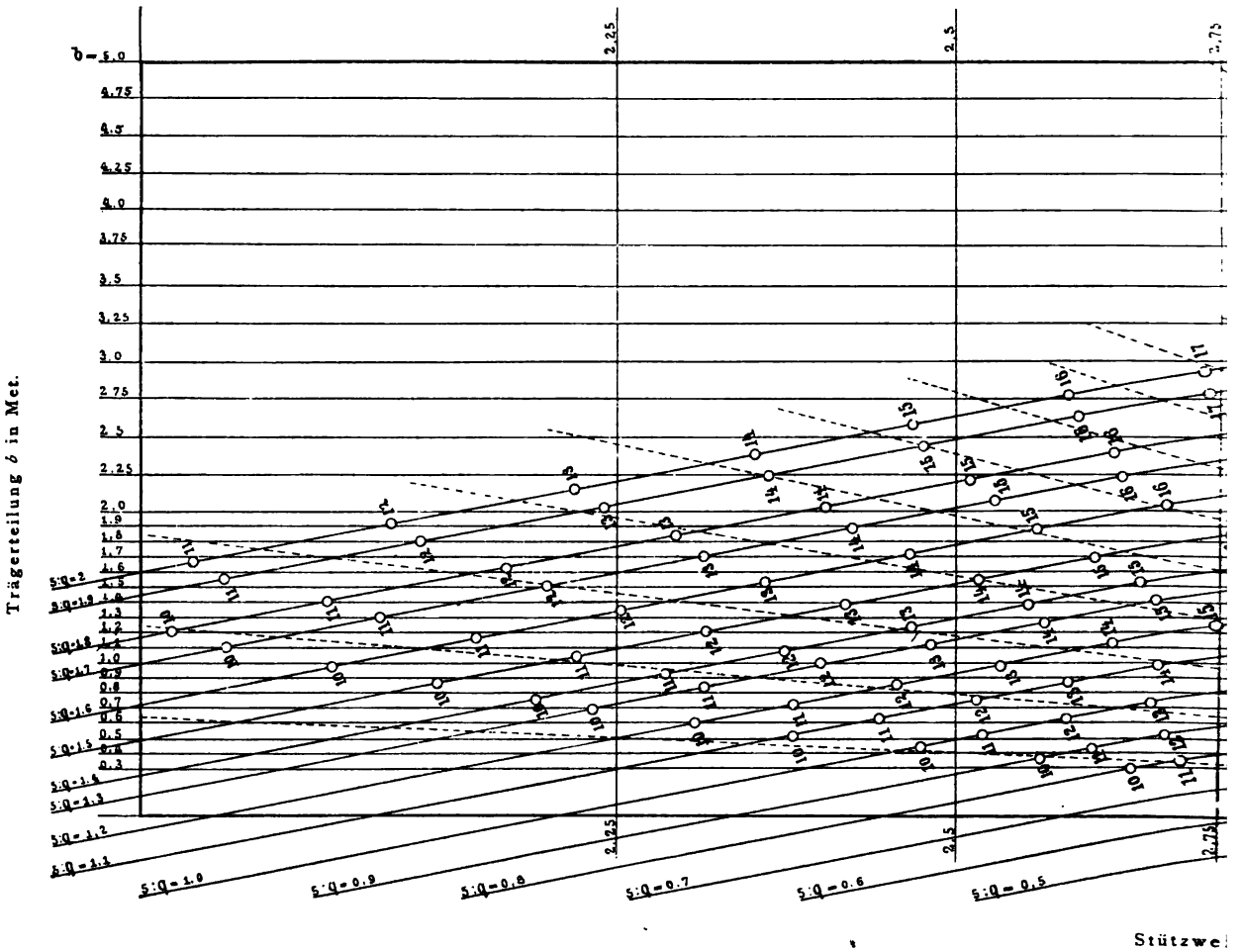
340) Siehe die betreffenden Tabellen in Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (S. 197 u. 198) dieses »Handbuches«.

341) Siehe Teil III, Bd. 1 (Abt. I, Abschn. 3, Kap. 7) dieses »Handbuches«.

Digitized by Google

Digitized by Google

Stützwei

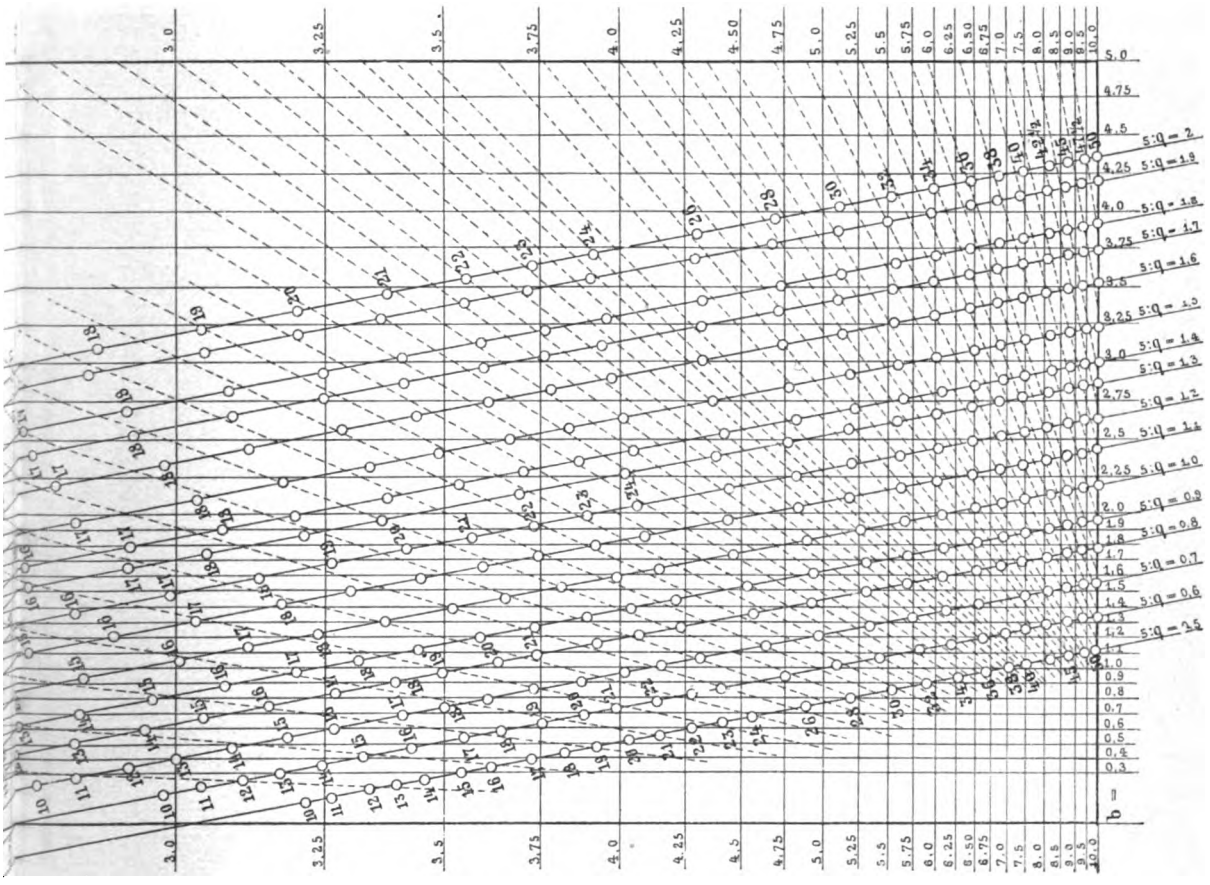


Stützwei

Zeichnerische Darstellu
für die Unterſuchung ihrer Trag

Digitized by Google

l in Met.



l in Met.

...ıg der Normal-I-Eiſen
...higkeit unter lotrechter Belaſtung.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die deutſchen Normalprofile für I-Eiſen können mit Hilfe der nebenſtehenden Tafel berechnet werden. In dieſer bedeutet b die Teilung der Deckenträger (in Met.), l die Stützweite (in Met.), g die geſamte Deckenbelaſtung für 1 qm (in Kilogr.) und s die zuläſſige Spannung des Trägerquerſchnittes (in Kilogr. auf 1 qcm). Die Koordinaten l und b führen durch ihren Schnittpunkt zu oder in die Nähe einer der geſtrichelten ſchrägen Leitlinien, die man bis zum Schnitte mit derjenigen ausgezogenen, von rechts nach links fallenden, ſchrägen Querlinie verfolge, welche zu dem dem vorliegenden Falle entſprechenden Verhältniſſe $s : q$ gehört. Die Nummer der kleinen Null, welche auf der ausgezogenen Querlinie $s : q$ zunächſt rechts von der geſtrichelten Leitlinie liegt, iſt diejenige des zu verwendenden I-Normalprofiles [342]).

Beiſpiel 1. Der dem Beiſpiele in Art. 265 (S. 239) für Wellblechbogen entſprechende Träger ſoll, vorläufig ohne Rückſicht auf die ſeitlichen Beanſpruchungen, ermittelt werden, und zwar für 5,30 m Stützweite. Die Laſt für 1 m war nach Gleichung 67 (S. 239): $Q' = 3345$ kg, alſo die geſamte Durchſchnittslaſt $q = \frac{3345}{3} = 1115$ kg; iſt die zuläſſige Spannung $s = 1100$ kg für 1 qcm, ſo wird $s : q = 1100 : 1115 = 0{,}987$.

Verfolgt man in der nebenſtehenden Tafel die dem Koordinatenſchnitte $l = 5{,}3$ und $b = 3$ nächſtliegende geſtrichelte Leitlinie bis zu der $s : q = 0{,}987$ entſprechenden, einzuſchaltenden Querlinie, ſo liegt auf letzterer zunächſt rechts von der Leitlinie der dem Querſchnitte Nr. 36 entſprechende kleine Kreis; der Querſchnitt dieſer Nummer iſt zu verwenden. Dieſer Träger bedarf jedoch noch der Prüfung auf Widerſtandsfähigkeit gegen ſeitliche Beanſpruchung, welche für einen ähnlichen Fall weiter unten durchgeführt wird.

Beiſpiel 2. Das Eigengewicht einer 6 m freitragenden, mit Beton ausgewölbten Decke beträgt 400 kg und die Nutzlaſt 400 kg für 1 qm; demnach iſt $q = 800$ kg. Wie weit dürfen Träger des Profils Nr. 28 auseinander gelegt werden, wenn die Beanſpruchung für 1 qm 1000 kg betragen ſoll?

Es iſt $s : q = 1000 : 800 = 1{,}25$. Die geſtrichelte Leitlinie, welche zunächſt links von Nr. 28 auf der Querlinie $s : q = 1{,}25$ feſtgelegt wird, ſchneidet die Abſciſſe $l = 6{,}00$ m bei der Ordinate $b = 1{,}45$ m; ſo weit dürfen die Träger alſo voneinander entfernt liegen.

Beiſpiel 3. Wie weit können ſich 1,00 m voneinander liegende Träger Nr. 26 bei 1050 kg Spannung für 1 qcm unter 900 kg Nutzlaſt für 1 qm frei tragen?

Es iſt $s : q = 1050 : 900 = 1{,}18$. Die $s : q = 1{,}18$ und Nr. 26 entſprechende geſtrichelte Leitlinie ſchneidet auf der Ordinate $b = 1{,}00$ die Abſciſſe $l = 6{,}50$ m ab, welche die zuläſſige Stützweite angiebt.

Bei dieſen Berechnungen mittels der nebenſtehenden Tafel kann die Eiſenbahnſchiene von 13 cm Höhe bezüglich des Widerſtandsmoments dem Normalprofil Nr. 17 gleichgeſetzt werden. Ihre Beanſpruchung ſoll jedoch nur 700 kg für 1 qcm betragen, während man diejenige neuer Träger unter ſtark bewegten Laſten bis 1000 kg, unter mäſsig bewegten bis 1200 kg, unter ganz ruhenden, ſtetigen Laſten bis 1500 kg für 1 qcm ſteigern kann. Nur bei groſsen Profilen, etwa von Nr. 40 an, empfiehlt ſich eine um 15 Vomhundert ermäſsigte Annahme der Spannungen.

Ueber die Berechnung der Blech- und der Gitterträger iſt in Teil III, Band 1 (Abt. I, Abſchn. 1, Kap. 7) das Erforderliche zu finden.

272. Berechnung von Trägern mit Seitenſchüben.

Wenn die Träger auch wagrechten Kräften ausgeſetzt ſind [343]), ſo entſtehen vorwiegend aus den Schüben von Auswölbungen und Wellblechbogen, ſowie aus den Zügen von Tonnenblechen, welche ſich bei Belaſtung nur eines anſchlieſsenden Faches nicht vollkommen ausgleichen, ſondern einen nach der Seite des unbelaſteten Faches gerichteten Schub oder einen nach der Seite des belaſteten Faches gerichteten Zug von der Gröſse $H' - H''$ (vergl. die Gleichungen 35 u. 36 [S. 221], 39 u. 40 [S. 222], 54 u. 56 [S. 231], 57 [S. 232], 58 u. 59 [S. 234], ſowie 61 u. 66

342) Siehe die betreffende Tabelle in Teil I, Bd. 1. erſte Hälfte (S. 198) dieſes »Handbuches«.

343) Vergl. hierüber auch: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 393. — Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447.

Digitized by Google

[S. 239]) ergeben, ſchräge Belaſtungen der Träger, welche dieſe ganz beſonders ungünſtig beanſpruchen. Auch für die Unterſuchung eiſerner Balken unter derart ſchräger Laſt iſt das in Art. 269 (S. 244) an dem Beiſpiele zu Fig. 456 durchgeführte Verfahren mit Spannungskreiſen mit Vorteil zu verwenden.

Beiſpiel. Als Beiſpiel ſollen hier die Träger einer Decke nach Fig. 461 u. 462 durchgerechnet werden. Für die Fachausfüllung kommt Gleichung 37 (S. 222) zur Anwendung. Die Länge der Träger

Fig. 461.

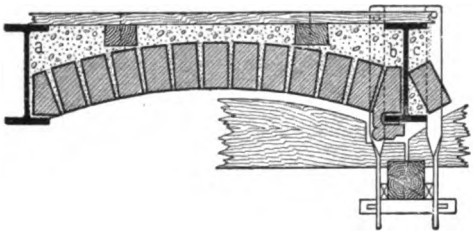
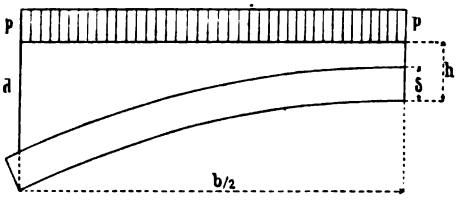


Fig. 462.



($l =$) ſei $5{,}50\,\mathrm{m}$, die Teilung ($b =$) $1{,}70\,\mathrm{m}$, $\delta = 0{,}12\,\mathrm{m}$, $h = 0{,}20\,\mathrm{m}$, γ für Backſteine $1700\,\mathrm{kg}$, $p = 750\,\mathrm{kg}$ und mit Rückſicht auf Stöſſe für Backſtein $s = 50000\,\mathrm{kg}$ für $1\,\mathrm{qm}$. Demnach iſt nach Gleichung 37

$$d = \frac{8 \cdot 50000 \cdot 0{,}12\,(3 \cdot 0{,}2 - 0{,}12) + 1{,}7^2\,(6 \cdot 750 + 5 \cdot 1700 \cdot 0{,}2)}{24 \cdot 0{,}12 \cdot 50000 - 1700 \cdot 1{,}7^2} = 0{,}295\,\mathrm{m} = \text{rund } 0{,}30\,\mathrm{m}.$$

Das Gewicht dieſer Kappe iſt für $1\,\mathrm{m}$ nach Gleichung 51 (S. 224)

$$G = \tfrac{1}{2} \cdot 17000 \cdot 1{,}7\,(0{,}3 + 2 \cdot 0{,}2) \quad \ldots = 675{,}0\,\mathrm{kg},$$

$3\,\mathrm{cm}$ Zementeſtrich $1 \cdot 1{,}7 \cdot 0{,}03 \cdot 2500 \quad \ldots = 128{,}5\,\mathrm{»}$,

1 lauf. Meter Träger ſchätzungsweiſe $\quad \ldots = 96{,}5\,\mathrm{»}$,

zuſammen $900{,}0\,\mathrm{kg}$.

Das Gewicht g für $1\,\mathrm{qm}$ iſt ſomit $\dfrac{900}{1{,}7} = \text{rund } 530\,\mathrm{kg}$.

Der Schub der voll belaſteten Kappe iſt nach Gleichung 39 (S. 222)

$$H' = 0{,}5 \cdot 50000 \cdot 0{,}12 = 3000\,\mathrm{kg} \text{ für } 1\,\mathrm{m} \text{ Trägerlänge},$$

und der gröſste Gegenſchub der unbelaſteten Kappe nach Gleichung 40 (S. 222)

$$H'' = 0{,}125\,\left[\sqrt{9 \cdot 50000^2\,(0{,}3 - 0{,}2 - 0{,}12)^2 + 1700 \cdot 50000 \cdot 1{,}7^2\,(0{,}3 + 5 \cdot 0{,}2)} - 3 \cdot 50000\,(0{,}3 - 0{,}2 - 0{,}12)\right],$$

$$H'' = 2640\,\mathrm{kg}.$$

Die wagrechte Belaſtung eines zwiſchen einer belaſteten und einer unbelaſteten Kappe liegenden Trägers iſt ſomit

$$\frac{H' - H''}{100} = \frac{3000 - 2640}{100} = 3{,}6\,\mathrm{kg} \text{ für } 1\,\mathrm{cm}.$$

Die gröſste lotrechte Belaſtung eines Trägers tritt für volle Laſt beider anſchlieſsenden Kappen ein; ſie beträgt für $1\,\mathrm{qm}$ der Decke $750 + 530 = 1280\,\mathrm{kg}$.

Die lotrechte Belaſtung eines Trägers zwiſchen belaſteter und unbelaſteter Kappe iſt

$$\frac{900 + \dfrac{1{,}7 \cdot 750}{2}}{100} = 15{,}4\,\mathrm{kg} \text{ für } 1\,\mathrm{cm}.$$

Wird noch die zuläſſige Beanſpruchung des Eiſens zu $1100\,\mathrm{kg}$ für $1\,\mathrm{qcm}$ feſtgeſetzt, ſo iſt mit Bezug auf die Tafel bei S. 247 für den voll belaſteten Träger $s : q = 1100 : 1280 = 0{,}86$. Zunächſt unter der geſtrichelten Leitlinie der Koordinaten $l = 5{,}5$ und $b = 1{,}7$ liegt auf $s : q = 0{,}86$ das Profil Nr. 32, welches alſo bei voller Belaſtung genügt.

Für dieſes Profil iſt[344]) $\mathfrak{J}_x = 12622$ und $\mathfrak{J}_y = 652$; für den einſeitig belaſteten Träger iſt das lotrechte Moment $\dfrac{15{,}4 \cdot 550^2}{8} = 582312\,\mathrm{cmkg}$ und die entſprechende Spannung bei $32\,\mathrm{cm}$ Trägerhöhe

$$\frac{582312 \cdot 32}{2 \cdot 12622} = 739\,\mathrm{kg}.$$

344) Siehe Teil I, Bd. 1, erſte Hälfte (S. 198) dieſes »Handbuches«.

Digitized by Google

Das wagrechte Biegungsmoment unter dem einfeitigen Schube von $3{,}6^{kg}$ ift $\frac{3{,}6 \cdot 550^2}{8} = 136125^{cmkg}$, die zugehörige Spannung bei $13{,}1^{cm}$ Trägerbreite $\frac{136125 \cdot 13{,}1}{2 \cdot 652} = 1368$; es ergäbe fich fomit für die Kanten der Flanfche $1368 + 789 = 2107^{kg}$ Spannung; der Träger ift alfo ftärker zu wählen.

Will man die genügende Tragfähigkeit durch Verftärkung des Trägers erreichen, fo kommt man nach dem vorgeführten Unterfuchungsgange zu einem I-Eifen Nr. 40. Die Verftärkung der Träger kann aber billiger durch Einlegen von Ankerreihen erreicht werden (fiehe Fig. 157 [S. 87], 184 [S. 101] u. 463 bis 466), welche die Träger gegeneinander abfteifen, alfo Stützen in wagrechtem Sinne bilden. Solche Anker müffen nach den Erörterungen in Kap. 4, unter a, 1 (Art. 85, S. 94), wenn fie die Schübe in jedem Trägerfache aufheben follen, an jedem Träger nach beiden Seiten unverfchieblich befeftigt fein, beftehen daher am beften aus Rundeifen, welche nur von Träger zu Träger reichen und in den benachbarten Fachen etwas verfetzt werden, oder nach Fig. 463 u. 464 aus Bandeifen über und unter den Trägern, welche die Flanfche beiderfeits mit Klammern umgreifen.

273. Aufnahme der Seitenfchübe durch Verankerung.

Fig. 463.

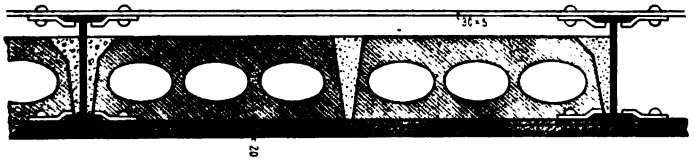
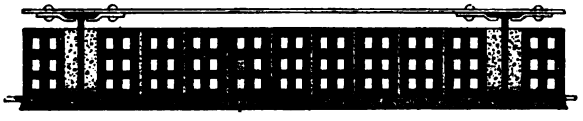


Fig. 464.



Legt man eine folche Ankerreihe in die Mitte der Weite, fo entfteht in wagrechtem Sinne aus jedem Balken ein durchlaufender Träger auf 3 Stützen von der Oeffnungsweite $\frac{550}{2} = 275^{cm}$; das gröfste Moment in der Mitte (am Anker[345]) ift

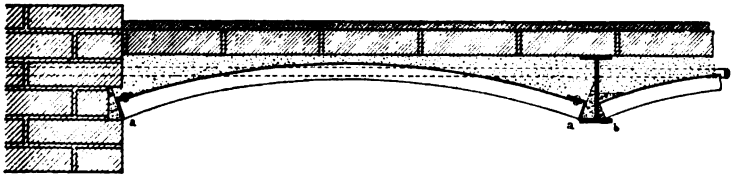
$$0{,}125 \cdot 3{,}6 \cdot 275^2 = 30430^{cmkg}.$$

Die zugehörige Beanfpruchung ift

$$\frac{30430 \cdot 13{,}1}{2 \cdot 655} = 306^{kg};$$

die gröfste Beanfpruchung wird $789 + 306 = 1045^{kg}$; alfo genügt nach Einlegen der einen Ankerreihe Profil Nr. 32 auch der wagrechten Beanfpruchung.

Fig. 465.



Der letzte Träger an der zu unmittelbarer Aufnahme von wagrechten Schüben zu fchwachen Wand hat nach den früheren Erörterungen in Kap. 4, unter *a*, 1 (Art. 85, S. 94) drei Aufgaben. Er hat bei voller Belaftung der beiden Endfache zu tragen:

α) die halbe Laft des Endfaches mit $\frac{900 + 1{,}7 \cdot 750}{2 \cdot 100} = 10{,}9^{kg}$ für 1^{cm};

β) den Schub des voll belafteten Endfaches mit $\frac{3000}{100} = 30^{kg}$ für 1^{cm}, welcher durch in das letzte Fach in gröfserer Zahl eingezogene Anker aufgehoben, durch den Endträger aber innerhalb der Ankerteilung auf die Anker übertragen werden mufs;

[345]) Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, S. 337; (2. Aufl.: S. 146; 3. Aufl.: S. 166).

Digitized by Google

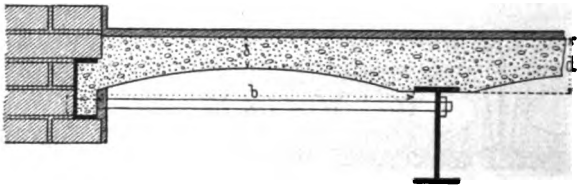
γ) die Spannung, welche er als äufsere Gurtung des vom letzten Fache mit beiden Trägern und Füllung gebildeten wagrechten Trägers für den vollen Schub der belafteten zweiten Kappe erhält.

Die Spannung im Träger aus α ift $s_1 = \frac{10{,}9 \cdot 550^2 \cdot 32}{8 \cdot 2 \cdot 12622} = 523\,\text{kg}$; fie fällt weg, wenn der Endträger in der Wand durchlaufend aufgelagert ift, wie in Fig. 466.

Die Spannung aus γ ergiebt fich in folgender Weife. Das Angriffsmoment eines vollen Kappenfchubes ift $\frac{30 \cdot 550^2}{8}$; das Widerftandsmoment des wagrechten Trägers, deffen Gurtungsquerfchnitt gleich demjenigen des Trägers Nr. 32, alfo 78 qcm ift, beträgt bei $b = 1{,}70$ m Fachbreite als Trägerhöhe $170 \cdot 78\, s_3$; demnach ift

$$s_3 = \frac{30 \cdot 550^2}{8 \cdot 170 \cdot 78} = 86\,\text{kg}.$$

Fig. 466.



Werden 3 Anker in das Endfeld gelegt, fo entfteht für die Uebertragung des Schubes im Endfache auf die Anker gemäfs β ein durchlaufender Träger mit 4 Oeffnungen von je $\frac{550}{4}$ cm. Das Moment am Mittelanker ift alsdann[346]) $0{,}0714 \cdot 30\, \frac{550^2}{16}$, fomit die aus diefer Uebertragung entftehende Beanfpruchung

$$s_2 = \frac{0{,}0714 \cdot 30 \cdot 550^2 \cdot 13{,}1}{16 \cdot 2 \cdot 652} = 407\,\text{kg}.$$

Die ganze Beanfpruchung der unteren inneren Flanfchkante im Endträger am Mittelanker ift fomit $s = s_1 + s_2 + s_3 = 523 + 86 + 407 = 1016\,\text{kg}$, fo dafs alfo bei dreifacher Verankerung des Endfeldes auch hier das Profil Nr. 32 genügt.

Die gröfste Spannkraft in den den Trägerenden zunächft liegenden Ankern ift[347])

$$1{,}1438 \cdot 30\, \frac{550}{4} = 4714\,\text{kg}.$$

Der vorletzte Träger hat bei voller Belaftung beider Endfache zunächft die gröfste lotrechte Laft eines Zwifchenträgers mit $\frac{900 + 1{,}7 \cdot 750}{100} = 21{,}8\,\text{kg}$ für 1 cm, dann die Spannung zu erleiden, welche in ihm als der inneren Gurtung des wagrechten Abfchlufsträgers des Endträgers nach γ entfteht. Die genaue Spannung aus der lotrechten Laft ift $\frac{550^2 \cdot 21{,}8 \cdot 32}{8 \cdot 2 \cdot 12622} = 1045\,\text{kg}$; die aus γ des letzten Trägers war 86 kg, fo dafs der vorletzte Träger höchftens $1045 + 86 = 1131\,\text{kg}$ für 1 qcm erleidet. Sollte diefe Spannung fchon zu hoch erfcheinen — und fie wird häufig noch mehr das zuläffige Mafs überfchreiten, wenn der gewählte Träger gegenüber der lotrechten Laft weniger überfchüffige Stärke befitzt als in diefem Falle — fo mufs an diefer Stelle ein ftärkerer Träger eingefügt werden.

Insbefondere ift noch darauf hinzuweifen, dafs bei Anordnung einer geraden Anzahl von Ankern im Endfelde der gefährdete Querfchnitt unter Umftänden nicht in der Trägermitte, fondern an dem der Mitte zunächft liegenden Anker zu fuchen ift, weil meift die aus den wagrechten Momenten entftehenden Spannungen überwiegen.

Da bei weitgefpannten Decken unter Umftänden mehr als 3 Anker nötig werden, die Momententabelle in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (S. 337[348]) diefes »Handbuches« aber nur bis zu 4 Oeffnungen geht, fo möge diefe Tabelle hier noch um einige Stufen erweitert werden. M heifsen die Momente über den Stützen, D die Stützendrücke und $\mathfrak{M}$ die gröfsten Momente in den Oeffnungen bei voller Belaftung der Träger mit p für die Längeneinheit.

---

346) Nach Teil I, Bd 1, zweite Hälfte, S. 337 (2. Aufl.: S. 146; 3. Aufl.: S. 166).

347) Nach ebendaf.

348) 2. Aufl.: S 146; 3. Aufl.: S. 166.

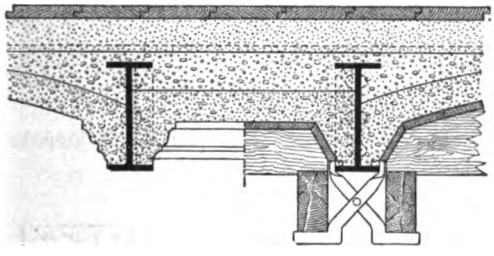
Digitized by Google

Anzahl der Oeffnungen

	5	6	7			5	6	7			5	6	7	
M_0	0	0	0	$\}\ pl^2$	D_0	0,3947	0,3942	0,3944	$\}\ pl$	$\mathfrak{M}_1$	0,0779	0,0777	0,0778	$\}\ pl^2$
M_1	0,1053	0,1058	0,1056		D_1	1,1816	1,1346	1,1338		$\mathfrak{M}_2$	0,0330	0,0341	0,0339	
M_2	0,0790	0,0770	0,0774		D_2	0,9737	0,9616	0,9648		$\mathfrak{M}_3$	0,0460	0,0433	0,0440	
M_3	0,0790	0,0866	0,0844		D_3	0,9737	1,0192	1,0070		$\mathfrak{M}_4$	0,0330	0,0433	0,0406	
M_4	0,1058	0,0778	0,0844		D_4	1,1816	0,9616	1,0070		$\mathfrak{M}_5$	0,0779	0,0341	0,0440	
M_5	0	0,1058	0,0774		D_5	0,3947	1,1346	0,9648		$\mathfrak{M}_6$	—	0,0777	0,0339	
M_6	—	0	0,1056		D_6	—	0,3942	1,1338		$\mathfrak{M}_7$	—	—	0,0778	
M_7	—	—	0		D_7	—	—	0,3944						

Noch höhere Werte können ſich ergeben, wenn auf die ungünſtigſte Laſtverteilung über die von den Ankern gebildeten Teile desſelben Balkenfaches Rückſicht genommen wird. Die einer ſolchen Verteilung entſprechende Laſtannahme geht jedoch zu weit, und die durch ihr höchſt ſeltenes Eintreten etwa entſtehenden Mehrſpannungen ſind eben wegen des ſeltenen Vorkommens ungefährlich; auch wird bei ſolcher teilweiſer Belaſtung der Spannungsbeitrag aus der lotrechten Laſt geringer. Dieſer Fall braucht daher im allgemeinen nicht unterſucht zu werden.

Fig. 467.

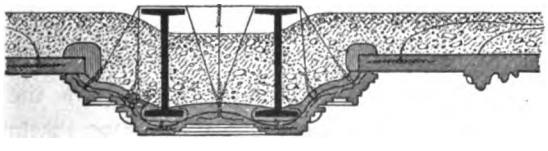


Will man die Lochung der Trägerſtege für Rundeiſenanker vermeiden, ſo bilde man die Anker nach Fig. 463 u. 465 (S. 249) aus Flacheiſen.

274. Aufnahme der Seitenſchübe durch paarweiſe Trägerlage.

Ein Mittel, die Anker in den Mittelfachen, abgeſehen von den Endfachen, zu vermeiden, bietet noch die wechſelweiſe eng und weit angeordnete Trägerteilung nach Fig. 467 u. 468, wenn man jedesmal die enge Teilung mit einer ebenen Betonplatte füllt und dieſe nebſt den ſie einfaſſenden Trägern als einen wagrechten Träger ausbildet, welcher die Schübe der benachbarten, mit Kappen geſchloſſenen, weiten Trägerfache aufnimmt.

Fig. 468.



Bezeichnet bei einer derartigen Anordnung Q die geſamte Laſt, welche die Längeneinheit einer gewölbten Kappe auf den Träger bringt, b die weite Trägerteilung der gewölbten Fache, b_1 die enge Trägerteilung der geraden Fache, l die Stützlänge der Träger, g die Eigenlaſt des geraden Faches für die Flächeneinheit, p die Nutzlaſt für die Flächeneinheit, W das Widerſtandsmoment des Trägerquerſchnittes für die wagrechte Schwerpunktsachſe, F den Trägerquerſchnitt, s_e die zuläſſige Beanſpruchung für die Flächeneinheit des Trägerquerſchnittes, H' den Schub der belaſteten Kappe (nach den Gleichungen 35, 39, 47, 54, 58 oder 61) und H'' den gröſsten Gegenſchub der unbelaſteten Kappe (nach den Gleichungen 36, 40, 47, 56, 57, 59 u. 66); ſo folgt die erforderliche Breite der geraden Fachausfüllungen aus der Beziehung

$$b_1 = \frac{1}{p+g}\left[\frac{8\,s_e\,W}{l^2} - Q + \sqrt{\left(\frac{8\,s_e\,W}{l^2} - Q\right)^2 - \frac{2(H' - H'')(p+g)\,W}{F}}\right] \quad 75.$$

Digitized by Google

Diefe Gleichung ift in der Weife zu benutzen, dafs zunächft derjenige Trägerquerfchnitt aufgefucht wird, für welchen der Ausdruck unter dem Wurzelzeichen zuerft gröfser als Null wird. Die Werte diefes Querfchnittes führe man ein und berechne das zugehörige b_1.

Beifpiel. Für die im Beifpiele in Art. 249 (S. 222) behandelte Betonkappe mit $b = 1{,}60\,\text{m}$, $p = 750\,\text{kg}$, $\delta = 0{,}1\,\text{m}$, $d = 0{,}29\,\text{m}$, $H' = 1500\,\text{kg}$ und $H'' = 1110\,\text{kg}$ foll ein Widerlagsträger durch eine ebene Betonplatte der Dicke von $12\,\text{cm}$ mit $29 - 12 = 17\,\text{cm}$ Ueberfüllung mit der Breite b_1 gefchaffen werden; der Fufsboden befteht aus Eichenholz. Zunächft ift nach Gleichung 51 (S. 224), da das Gewicht der Kappe $\gamma_1 = 2200\,\text{kg}$ gleich dem der Ueberfüllung γ und die Ueberfüllungshöhe im Scheitel gleich Null, alfo h in Gleichung 51 gleich δ zu fetzen ift,

$$\frac{G}{2} = \frac{1{,}6}{2}\,\frac{2200}{3}\,(0{,}3 + 2 \cdot 0{,}1) = 293\,\text{kg};$$

$$\text{Fufsboden } \frac{1}{2} \cdot 1{,}6 \cdot 1 \cdot 0{,}035 \cdot 800 = 22 \text{ »}$$

$$\text{Nutzlaft } \frac{1}{2} \cdot 1{,}6 \cdot 1 \cdot 750 \;.\;.\;. = 600 \text{ »}$$

$$\text{alfo } Q = 915\,\text{kg} \text{ für } 1\,\text{qm}.$$

Weiter ift das Gewicht von $1\,\text{qm}$ der geraden Platte $0{,}12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2200 = 264\,\text{kg}$
» » » » » Sandüberfüllung $0{,}17 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1600 = 272$ »
» » » » des Fufsbodens $0{,}035 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 800 = 28$ »

alfo $g = 564\,\text{kg}$.

Ferner ift $H' = 1500\,\text{kg}$ und $H'' = 1110\,\text{kg}$.

Die Stützweite l der Träger betrage $5\,\text{m}$ und die zuläffige Beanfpruchung des Eifens $12000000\,\text{kg}$ für $1\,\text{qm}$.

Die Gleichung 75 lautet dann

$$b_1 = \frac{1}{750+564}\left[\frac{8 \cdot 12000000\,W}{5^2} - 915 + \sqrt{\left(\frac{8 \cdot 12000000\,W}{5^2} - 915\right)^2 - \frac{2(1500-1110)(564+750)\,W}{F}}\right].$$

Das I-Profil Nr. 22 liefert unter dem Wurzelzeichen noch einen Wert kleiner als Null, das Profil Nr. 23 zuerft einen folchen gröfser als Null; für diefen ift $W = 0{,}000317$ und $F = 0{,}00429\,\text{qm}$; alfo $\frac{W}{F} = 0{,}074$, und fomit

$$b_1 = \frac{1}{1814}\left[3840000 \cdot 0{,}000317 - 915 + \sqrt{(3840000 \cdot 0{,}000317 - 915)^2 - 1024920 \cdot 0{,}074}\right] = 0{,}825\,\text{m}.$$

Als Gurtungen des wagrechten Trägers find alfo zwei I-Eifen Nr. 23 zu wählen und in $32{,}5\,\text{cm}$ Abftand voneinander zu verlegen. In der ganzen Decke tritt dann ein regelmäfsiger Wechfel von $160\,\text{cm}$ weiten gewölbten Kappen und $32{,}5\,\text{cm}$ breiten ebenen Platten ein. An den Enden mufs der Abfchlufs in der oben erläuterten Weife erfolgen und berechnet werden.

Um zwei Träger mit der eingefchloffenen Kappe oder Platte als einen wagrechten Träger anfehen zu können, empfiehlt es fich, an die Trägerwände einige Winkeleifen zu nieten (fiehe Fig. 467, S. 251), damit durch deren Eingriff in die Kappe oder Platte Längsverfchiebungen der Träger gegen die Kappe oder Platte verhindert werden, welche die Wirkung der beiden Träger mit der zwifchenliegenden Ausfüllung als Widerlagsträger aufheben würden.

c) Abmeffungen von Balkenlagen mit Unterzügen.

275. Durchlaufende Gelenkträger.

In Art. 10 bis 13 (S. 28 bis 30) ift bereits erläutert, weshalb die Verwendung von durchlaufenden Trägern für den Hochbau auf Bedenken ftöfst, zugleich aber, dafs die Anordnung durchlaufender Gelenkträger[349]) wegen der durch fie bedingten Erfparnis[350]) durchweg zu empfehlen ift. Daher follen im nachftehenden noch die zur Anordnung diefer Art von Trägern über beliebig vielen Oeffnungen nötigen Angaben folgen.

[349]) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 329; 2. Aufl.: S. 138) diefes »Handbuches«.

[350]) Siehe ebendaf., Art. 369, S. 333 (2. Aufl.: Art. 161, S. 142).

Digitized by Google

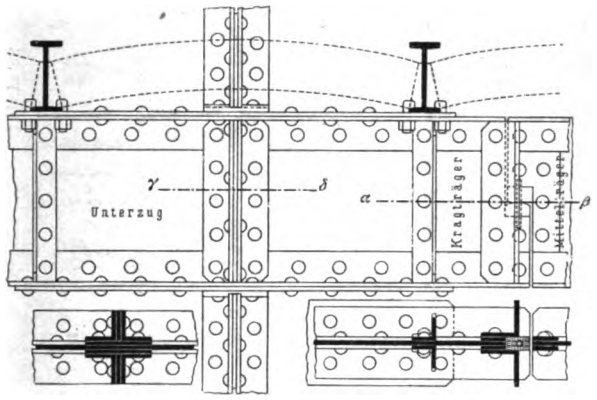
Für dieſe Träger iſt zu unterſcheiden, ob die Stützen alle gleich weit ſtehen oder ob es geſtattet iſt, den Stützen verſchiedene Abſtände zu geben. Die Belaſtung ſei g (in Kilogr.) für 1 cm Länge des Trägers als Eigenlaſt, p (in Kilogr.) für 1 cm als Nutzlaſt und q (in Kilogr.) für 1 cm als Laſtenſumme.

1) Die Oeffnungsweiten ſind gleich.

276. Lage der Gelenke.

In dieſem Falle iſt es zweckmäſsig, die Momente über den Stützen durch die Wahl der Lage der Gelenke (Fig. 469 bis 472) gleich den gröſsten Momenten in den ununterbrochenen Oeffnungen zu machen, damit die durchzuführenden Trägerſtücke dieſer Oeffnungen möglichſt gleichmäſsig ausgenutzt werden. So entſteht die in Fig. 473 bis 475 angedeutete Gruppierung der gröſsten Momente, von denen M_3, M_4, M_5 nach den Regeln des Trägers auf zwei Stützen zu ermitteln ſind.

Fig. 469.



Schnitt $\gamma\,\delta$. Schnitt $\alpha\,\beta$.

Die richtige Lage der Gelenke, welche Vorbedingung dieſer Momentengruppierung iſt, ſowie die Gröſse der Momente folgen aus den nachſtehenden Gleichungen, welche durch Fig. 473 bis 475 erläutert ſind.

$$k = \frac{1}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{g}{g+q}}\right); \quad \ldots \quad 76.$$

$$k_1 = \frac{q}{4(g+q)}; \quad \ldots \quad 77.$$

$$k_3 = \frac{1}{2}\left[1 - k_1 + m - \sqrt{(1-k_1+m)^2 - 4m}\right], \text{ worin } m = \left[\frac{q}{g}\left(1 - \sqrt{1+\frac{g}{q}}\right)\right]^2; \quad 78.$$

$$k_2 = \frac{k_1}{1-k_3}; \quad \ldots \quad 79.$$

$$M_1 = \frac{q\,k_1\,l^2}{2} = \frac{q\,k\,l^2}{2}(1-k) = \frac{q^2\,l^2}{8(g+q)}; \quad \ldots \quad 80.$$

$$M_2 = \frac{q\,k_3\,l^2}{2}(1-k_2); \quad \ldots \quad 81.$$

$$M_3 = \frac{q\,l^2}{8}(1-2k)^2; \quad \ldots \quad 82.$$

$$M_4 = \frac{q\,l^2}{8}(1-k_1)^2; \quad \ldots \quad 83.$$

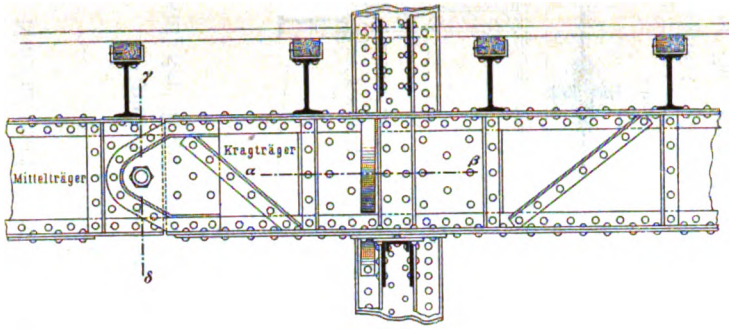
$$M_5 = q\,\frac{l^2}{8}(1-k_2-k_3)^2 \quad \ldots \quad 84.$$

Dieſe Gleichungen decken alle Fälle für beliebig viele Stützen nach Maſsgabe von Fig. 473 bis 475 bis auf die beiden in Fig. 476 u. 477 dargeſtellten Anordnungen für 3 und 4 Stützen. Für dieſe treten noch die folgenden Gleichungen hinzu:

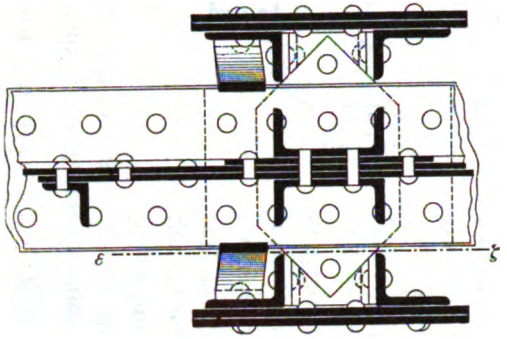
Digitized by Google

Fig. 470.

Schnitt $\varepsilon\zeta$.



Schnitt $\alpha\beta$.



Schnitt $\gamma\delta$.

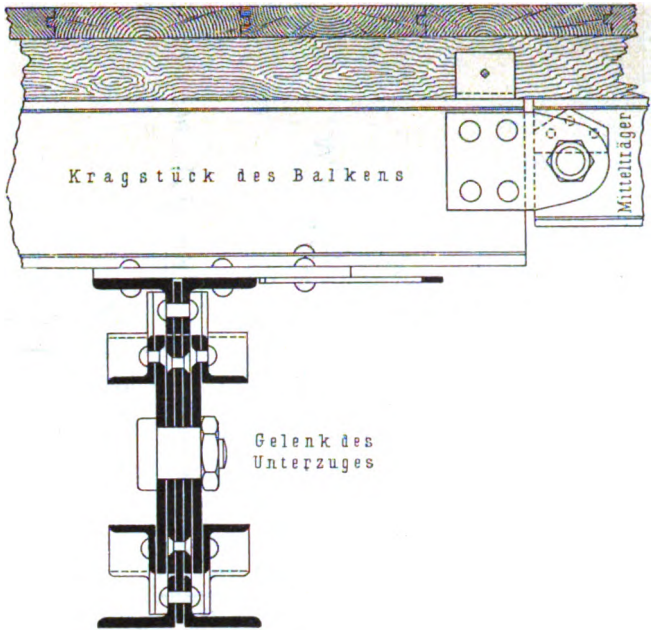


Fig. 471.

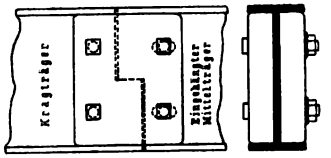
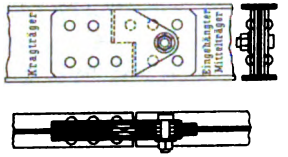


Fig. 472.



Digitized by Google

$$k_4 = 0{,}5 - \sqrt{0{,}25 - m}\,; \quad \ldots \quad 85.$$

$$M_6 = \frac{m\,q\,l^2}{2}\,; \quad \ldots \quad 86.$$

$$M_7 = \frac{q\,l^2}{8}\,(1-m)^2\,; \quad \ldots \quad 87.$$

$$M_8 = \frac{q\,l^2}{8}\,(1-2\,k_4)^2 \quad \ldots \quad 88.$$

Fig. 473.

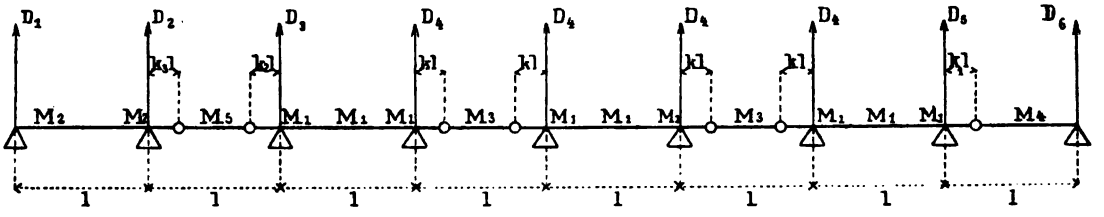


Fig. 474.

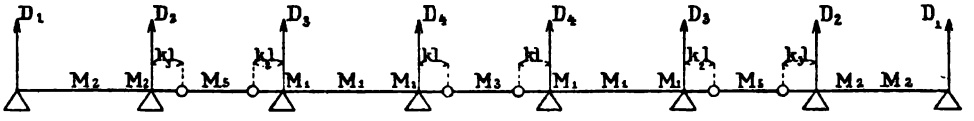
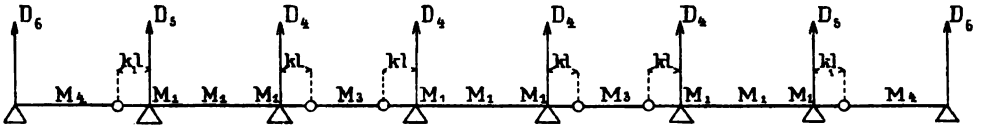


Fig. 475.



Für die Berechnung der Belaſtung der Unterzüge durch die Balken und der Stützenbelaſtungen durch die Unterzüge iſt die Kenntnis der gröſsten Werte der

Fig. 476.

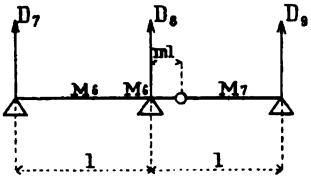
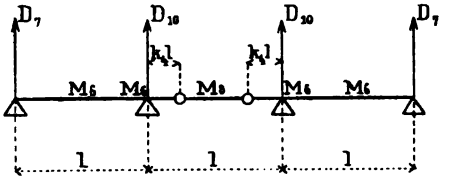


Fig. 477.



Auflagerdrücke von Wichtigkeit, welche ſich nach folgenden Ausdrücken mit Berückſichtigung der Bezeichnungen in Fig. 473 bis 477 berechnen laſſen:

$$D_1 = \frac{l\,[q - g\,k_3\,(1-k_2)]}{2}\,; \quad \ldots \quad 89.$$

$$D_2 = \frac{q\,l}{2}\,(1+k_3)(2-k_2)\,; \quad \ldots \quad 90.$$

$$D_3 = \frac{q\,l}{2}\left[(2-k_3)\,(1+k_2) - \frac{g}{4\,(g+q)}\right]\,; \quad \ldots \quad 91.$$

$$D_4 = \frac{q\,l}{2}\left[2 + \frac{q-g}{4\,(q+g)}\right]\,; \quad \ldots \quad 92.$$

$$D_5 = \frac{q\,l}{2}\left[2 + \frac{2\,q-g}{4\,(q+g)}\right]\,; \quad \ldots \quad 93.$$

Digitized by Google

$$D_6 = \frac{ql}{2}\,\frac{3q+4g}{4(q+g)}; \quad \ldots \quad 94.$$

$$D_7 = \frac{l}{2}(q - mg); \quad \ldots \quad 95.$$

$$D_8 = ql(1+m); \quad \ldots \quad 96.$$

$$D_9 = \frac{ql}{2}(1-m); \quad \ldots \quad 97.$$

$$D_{10} = \frac{ql}{2}(2+m) \quad \ldots \quad 98.$$

Nach den Gleichungen 89 bis 98 erhält man auch die geringſten Werte der Stützen- und Auflagerdrücke, wenn man überall g mit q und q mit g vertauſcht. Dieſe kleinſten Werte ſind von beſonderer Wichtigkeit, wenn ſie bei geringem Werte von g negativ werden, da ſie dann eine Verankerung der Träger nach unten bedingen; ihre Berechnung zu verabſäumen, kann daher verhängnisvoll werden.

Beiſpiel. In einem Gebäude von 30 m Länge und 15 m Tiefe ſoll eine Decke mit Kappen ſtets gleichen Schubes nach den Gleichungen 42 bis 51 (S. 223 u. 224) gewölbt zwiſchen eiſernen Trägern von 1 m Teilung hergeſtellt werden, ſo daſs für die Balken nur die lotrechte Laſt in Frage kommt. Das Eigengewicht der Decke beträgt 400 kg und die Nutzlaſt 500 kg für 1 qm. Die Balken liegen der Tiefe nach und ſollen durch 2 Unterzüge in 5 m Abſtand geſtützt werden, ſo daſs jeder Balken durch Fig. 477 für $l = 500$ cm dargeſtellt iſt. Die Unterzüge ſollen von Säulen getragen werden, welche gleichfalls 5 m voneinander ſtehen; der Unterzug erhält alſo 6 gleiche Oeffnungen von $l = 5$ m.

α) Balken. Die Laſten für 1 cm bei 1,00 m Teilung betragen $g = 4{,}0$ kg, $p = 5{,}0$ kg und $q = 9{,}0$ kg; folglich iſt nach Gleichung 78

$$m = \left[\frac{9}{4}\left(1 - \sqrt{1+\frac{4}{9}}\right)\right]^2 = 0{,}2062$$

und nach Gleichung 85

$$k_4 = 0{,}5 - \sqrt{0{,}25 - 0{,}2062} = 0{,}2907, \quad k_4\, l = 0{,}2907 \cdot 500 = 145{,}35 \text{ cm}.$$

Hier iſt das Gelenk nach Fig. 469 bis 471 oder 472 anzuordnen. Nach Gleichung 86 iſt

$$M_6 = \frac{0{,}2062 \cdot 9 \cdot 500^2}{2} = 232000 \text{ cmkg}.$$

Bei 1000 kg zuläſſiger Beanſpruchung iſt ſomit das Normalprofil Nr. 21 von I-Eiſen[351]) für die Endſtücke der Balken zu verwenden.

Für das Mittelſtück iſt $l = 500 - 2 \cdot 145{,}35 = 209{,}3$ cm; $b = 1{,}00$ m; $s : q = 1000 : 900 = 1{,}1$; alſo iſt nach der Tafel bei S. 247 Normalprofil Nr. 12 zu verwenden.

Werden die Balken mit Gelenken in den Endöffnungen nach Fig. 478 angeordnet, in welche die Bezeichnungen aus Fig. 475 übernommen wurden, ſo wird nach Gleichung 77

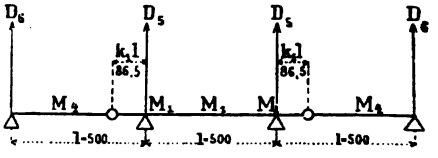
$$k_1 = \frac{9}{4(9+4)} = 0{,}173, \quad \text{alſo} \quad k_1\, l = 0{,}173 \cdot 500 = 86{,}5 \text{ cm};$$

ferner nach den Gleichungen 80 u. 83

$$M_1 = \frac{9^2 \cdot 500^2}{8(9+4)} = 194711 \text{ cmkg} \quad \text{und} \quad M_4 = \frac{9 \cdot 500^2 (1 - 0{,}173)^2}{8} = 192355 \text{ cmkg}.$$

Bei 1000 kg Beanſpruchung reicht ſomit nunmehr das Profil Nr. 20 für alle Teile des Balkens aus; bei dieſer Anordnung geht aber die unmittelbare Längsverbindung der Säulen mit den Wänden verloren, weil zwiſchen Wand und Säule nun ein Gelenk liegt.

Fig. 478.



β) Unterzüge. Um die Belaſtung der Unterzüge zu erhalten, muſs D_{10} nach Gleichung 98 für volle Belaſtung und für Eigenlaſt ermittelt werden. Es iſt:

$$\text{gröſster Wert } D_{10} = \frac{9 \cdot 500}{2}(2 + 0{,}2062) = 4964 \text{ kg},$$

$$\text{kleinſter Wert } D_{10} = \frac{4 \cdot 500}{2}(2 + 0{,}2062) = 2200 \text{ kg}.$$

[351]) Siehe die betr. Tabelle in Teil I, Bd. 1, erſte Hälfte dieſes »Handbuches«.

Digitized by Google

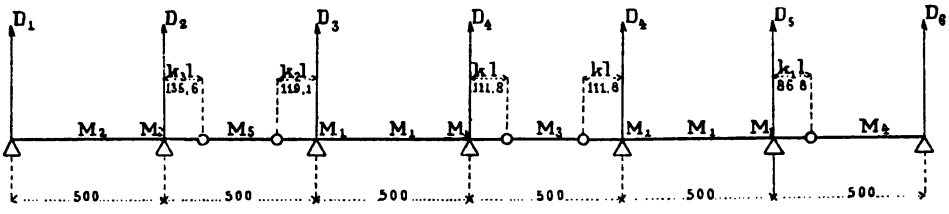
Bei der Anordnung der Balken mit Gelenken in den Endöffnungen wird die Belaſtung der Unterzüge (Fig. 478) nach Gleichung 93 berechnet. Sie iſt

$$\text{größter Wert } D_5 = \frac{9 \cdot 500}{2}\left[2 + \frac{2 \cdot 9 - 4}{4\,(9+4)}\right] = 5106\,\text{kg},$$

$$\text{kleinſter Wert } D_5 = \frac{4 \cdot 500}{2}\left[2 + \frac{2 \cdot 4 - 9}{4\,(4+9)}\right] = 1981\,\text{kg}.$$

Da ſomit bei der Anordnung nach Fig. 478 neben der ſchlechteren Säulenverankerung mit den Wänden auch noch eine ungünſtigere Belaſtung der Unterzüge eintritt, ſo wird man in der Regel diejenige in Fig. 476 vorziehen. Dieſe Laſten treten als Einzellaſten in $1{,}00^{\,m}$ Abſtand auf; die Berechnung liefert aber genügend genaue Ergebniſſe, wenn die Laſt wieder gleichförmig verteilt gedacht wird. Somit iſt

Fig. 479.



für den Unterzug (Fig. 479), wenn die Balken nach Fig. 477 gebildet werden, für $1^{\,cm}$ Trägerlänge $g = 22^{\,kg}$ und $q = 49{,}64^{\,kg} = \sim 50^{\,kg}$; daher nach Gleichung 76

$$k = \frac{1}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{22}{22+50}}\right) = 0{,}2236 \quad \text{und} \quad k\,l = 0{,}2236 \cdot 500 = 111{,}8^{\,cm};$$

nach Gleichung 77

$$k_1 = \frac{50}{4\,(22+50)} = 0{,}1736 \quad \text{und} \quad k_1\,l = 0{,}1736 \cdot 500 = 86{,}8^{\,cm};$$

nach Gleichung 78

$$m = \left[\frac{50}{22}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{22}{50}}\right)\right]^2 = 0{,}2066,$$

$$k_3 = \frac{1}{2}\left[1 - 0{,}1736 + 0{,}2066 - \sqrt{(1 - 0{,}1736 + 0{,}2066)^2 - 4 \cdot 0{,}2066}\right] = 0{,}2712,$$

$$k_3\,l = 0{,}2712 \cdot 500 = 135{,}6^{\,cm};$$

nach Gleichung 79

$$k_2 = \frac{0{,}1736}{1 - 0{,}2712} = 0{,}2382 \quad \text{und} \quad k_2\,l = 0{,}2382 \cdot 500 = 119{,}1^{\,cm};$$

nach Gleichung 80

$$M_1 = \frac{50^2 \cdot 500^2}{8\,(22+50)} = 1\,085\,070^{\,cmkg}.$$

Bei $1000^{\,kg}$ Spannung müſſen alſo die beiden beiderſeits überkragenden Trägerſtücke aus Normalprofil Nr. 36 gebildet ſein.

Nach Gleichung 81 iſt $M_2 = \frac{50 \cdot 0{,}2712 \cdot 500^2}{2}(1 - 0{,}2382) = 1\,291\,250^{\,cmkg}$; für das überkragende Endſtück links genügt alſo Profil Nr. 38 knapp.

Nach Gleichung 82 iſt $M_3 = \frac{50 \cdot 500^2\,(1 - 2 \cdot 0{,}2236)^2}{8} = 477\,481^{\,cmkg}$; für den mittleren eingehängten Träger iſt daher Profil Nr. 28 zu verwenden.

Nach Gleichung 83 iſt $M_4 = \frac{50 \cdot 500^2 \cdot (1 - 0{,}1736)^2}{8} = 1\,068\,125^{\,cmkg}$; das linke Endſtück muſs ſonach aus Profil Nr. 36 beſtehen.

Nach Gleichung 84 iſt $M_5 = \frac{50 \cdot 500^2\,(1 - 0{,}2382 - 0{,}2712)^2}{8} = 376\,075^{\,cmkg}$; für den linken eingehängten Träger iſt alſo Profil Nr. 26 zu verwenden.

Digitized by Google

Die Belaſtungen der Wände an den Enden der Unterzüge und diejenigen der ſtützenden Säulen ergeben ſich aus den Gleichungen 89 bis 94 ohne weiteres; z. B. iſt nach Gleichung 92

$$D_4 = \frac{50 \cdot 500}{2}\left[2 + \frac{50 - 22}{4\,(50 + 22)}\right] = 26216\,\text{kg},$$

oder nach Gleichung 91

$$D_3 = \frac{50 \cdot 500}{2}\left[(2 - 0{,}2712)\,(1 + 0{,}2382) - \frac{22}{4\,(22 + 50)}\right] = 25802\,\text{kg}.$$

Wären die Balken nicht überkragend angeordnet, ſondern über den Unterzügen geſtoſsen, ſo hätte ſich das gröſste Biegungsmoment zu $\frac{9 \cdot 500^2}{8} = 281250\,\text{cm}$ ergeben, und ſtatt der Querſchnitte Nr. 21 und 12 hätte durchweg Nr. 22 verwendet werden müſſen.

Wären zugleich die Unterzüge über den Säulen geſtoſsen, ſo hätte die Laſt $(500 + 400)\,\frac{5}{100} = 45\,\text{kg}$ für 1 cm, alſo das gröſste Biegungsmoment in allen Oeffnungen $\frac{45 \cdot 500^2}{8} = 1406250\,\text{cmkg}$ betragen; ſtatt der Profile Nr. 38, 36 und 28 hätte ſomit durchweg Nr. 40 verwendet werden müſſen.

Durch Einfügen der Gelenke iſt der Trägerroſt alſo beträchtlich erleichtert, und dieſe Erleichterung iſt durchſchlagender als die Verſtärkung der Stützen, welche infolge der Anordnung durchlaufender Gelenkträger erforderlich wird. Die gröſste Stützenlaſt für über den Auflagern geſtoſsene Balken und Unterzüge würde $500 \cdot 45 = 22500\,\text{kg}$ betragen.

2) Die Oeffnungsweiten können verſchieden ſein.

277. Grundgedanke.

Da, wo verſchiedene Oeffnungsweiten, alſo ungleiche Stützenentfernungen zuläſſig ſind, kann man dieſen Umſtand benutzen, um die Stütz- und Kraglängen den Werten g und q ſo anzupaſſen, daſs das gröſste Moment auch der eingehängten Trägerſtücke gleich den beiden gröſsten Momenten der Kragſtücke und ſomit alle gefährlichen Momente eines Trägers einander gleich werden. Man erreicht ſo, neben der Möglichkeit, einen einheitlichen Querſchnitt für den ganzen Träger durchzuführen, zugleich thunlichſt geringes Gewicht der Träger.

Da die Stützenteilung bei Erfüllung dieſer Bedingung aber von g und q abhängig iſt, andererſeits bei mehrgeſchoſſigen Gebäuden die Stützen verſchiedener Geſchoſſe lotrecht übereinander ſtehen ſollen, ſo iſt die günſtigſte Stützenteilung in dieſem Falle nicht gleichzeitig in allen Geſchoſſen zu erreichen, wenn die verſchiedenen Geſchoſſe auf verſchiedene Werte von g und q einzurichten ſind. In einem ſolchen Falle richte man die Stützenteilung für diejenigen Werte von g und q ein, welche in den meiſten Geſchoſſen wiederkehren; in den übrigen Geſchoſſen iſt völlige Ausgleichung der Momente dann nicht zu erreichen, und man muſs ſich damit begnügen, wie bei gleicher Stützenteilung, die Momente nur an den gefährlichen Stellen der Kragteile gleich zu machen.

278. Verfügung über die Stützweite frei; Momentenausgleich.

Hier iſt alſo zuerſt der Fall zu behandeln, daſs die Stützenteilungen für völlige Ausgleichung aller gröſsten Momente eingerichtet werden ſollen.

Die Anordnung von dieſer Bedingung genügenden Trägern iſt allgemein in Fig. 480 u. 481 für eine ungerade, in Fig. 482 für eine gerade Anzahl von Oeffnungen dargeſtellt; die Anzahl der Oeffnungen für Fig. 480 u. 481 ſei $2n + 1$; diejenige für Fig. 482 betrage $2n$.

Zunächſt ergeben ſich die die Gelenke feſtlegenden Zahlenwerte k und k_1 aus

$$k = 3 - 2\sqrt{2} = 0{,}1716, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 99.$$

$$k_1 = \frac{\sqrt{2} - 1}{2\sqrt{2}} = 0{,}14644 \quad \ldots \ldots \ldots \quad 100.$$

Digitized by Google

Fig. 480.

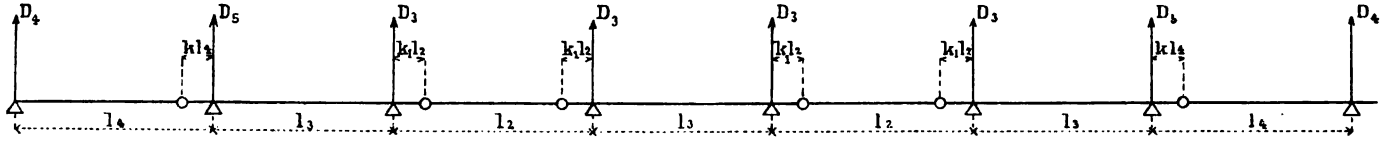


Fig. 481.

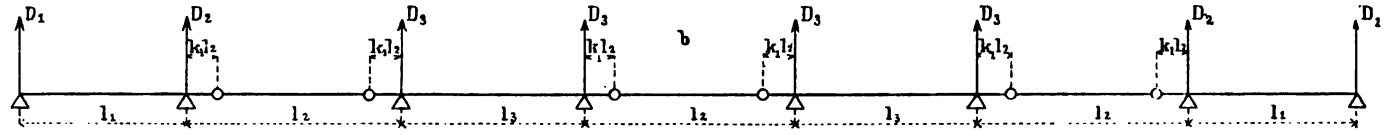


Fig. 482.

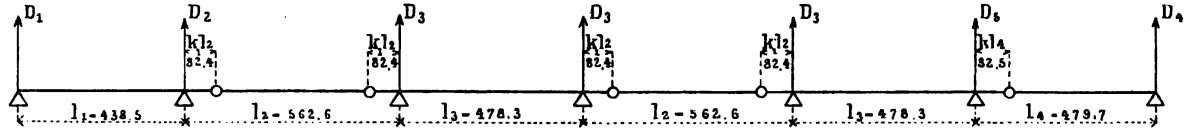


Fig. 483.

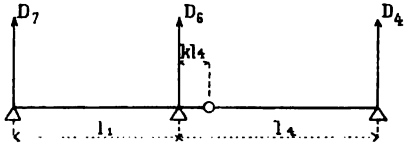


Fig. 484.

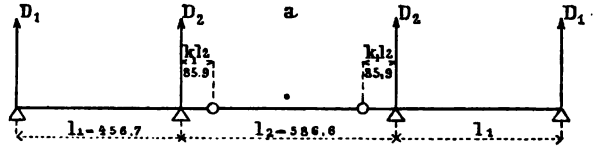
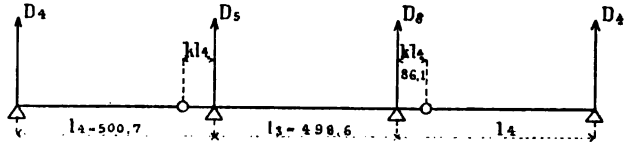


Fig. 485.



Digitized by Google

Neben den Bezeichnungen, deren Bedeutung aus Fig 480 bis 482 hervorgeht. führen wir noch die ſtets bekannte Geſamtlänge des Trägers L ein. Wird wieder die Eigenlaſt für die Längeneinheit g, die Geſamtlaſt q und die Nutzlaſt p genannt, ſo kann die Abmeſſung der einzelnen Teile nach den folgenden Ausdrücken erfolgen:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0{,}3536}{\sqrt{1+\frac{g}{q}}-1} \cdot \frac{g}{q}; \quad \ldots\ldots \quad 101.$$

$$\frac{l_3}{l_2} = 0{,}7072 \sqrt{\frac{g+q}{q}}; \quad \ldots\ldots \quad 102.$$

$$\frac{l_4}{l_2} = \frac{1}{\sqrt{8k}} = 0{,}8525. \quad \ldots\ldots \quad 103.$$

Damit ſind alle Weiten auf l_2 bezogen, und die Berechnung von l_2 aus L geſchieht nun für die verſchiedenen Fälle nach den folgenden Gleichungen.

Zahl der Oeffnungen (ungerade) $= 2n+1$ (Fig. 480: Endöffnung mit Gelenk):

$$L = 2l_4 + nl_3 + (n-1)l_2. \quad \ldots\ldots \quad 104.$$

Zahl der Oeffnungen (ungerade) $= 2n+1$ (Fig. 481: Endöffnung ohne Gelenk):

$$L = 2l_1 + nl_2 + (n-1)l_3. \quad \ldots\ldots \quad 105.$$

Zahl der Oeffnungen (gerade) $= 2n$ (Fig. 482):

$$L = l_1 + l_4 + (n-1)l_2 + (n-1)l_3. \quad \ldots\ldots \quad 106.$$

Die bei dieſer Anordnung in allen gefährlichen Querſchnitten gleichen Momente ſind zu berechnen nach

$$M = \frac{q l_2^2}{16} = 0{,}0858\, q l_4^2. \quad \ldots\ldots \quad 107.$$

In Fig. 483 bis 485 ſind die Verhältniſſe der Träger auf 3 und 4 Stützen dargeſtellt, ſoweit für dieſe die aus den Gleichungen 101 bis 103 zu entnehmenden Verhältniſſe nicht verwendbar ſind. Danach iſt

$$\frac{l_4}{l_1} = 2{,}411 \frac{q}{g}\left(\sqrt{1+\frac{g}{q}}-1\right), \quad \ldots\ldots \quad 108.$$

$$\frac{l_4}{l_3} = 1{,}207 \sqrt{\frac{q}{g+q}}. \quad \ldots\ldots \quad 109.$$

Für die Ermittelung der Stützenbelaſtungen iſt die Feſtſtellung der gröſsten Auflagerdrücke erforderlich. Dieſe ergeben ſich aus:

$$D_1 = \frac{q l_1}{2} - \frac{g l_2^2}{16 l_1}, \quad \ldots\ldots \quad 110.$$

$$D_2 = \frac{q}{2}\left(l_1 + l_2 + \frac{l_2^2}{8 l_1}\right), \quad \ldots\ldots \quad 111.$$

$$D_3 = q\frac{l_2+l_3}{2} + (q-g)\frac{l_2^2}{16 l_3}, \quad \ldots\ldots \quad 112.$$

$$D_4 = 0{,}4142\, q l_4, \quad \ldots\ldots \quad 113.$$

$$D_5 = q\frac{l_3+l_4}{2} + 0{,}0858\, q l_4\left(1+\frac{l_4}{l_3}\right) - \frac{g l_2^2}{16 l_3}, \quad \ldots\ldots \quad 114.$$

Digitized by Google

$$D_6 = q\,\frac{l_1 + l_4}{2} + 0{,}0858\; q\, l_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_1}\right), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 115.$$

$$D_7 = \frac{q\, l_1}{2} - 0{,}0858\; g\, \frac{l_4^{\,2}}{l_1}, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 116.$$

$$D_8 = q\,\frac{l_3 + l_4}{2} + 0{,}0858 \left[q\, l_4 \left(1 + \frac{l_4}{l_3}\right) - g\,\frac{l_4^{\,2}}{l_3} \right] \ldots \ldots \quad 117.$$

Die Gleichungen 110 bis 117 geben die gröfsten Werte der Stützendrücke; die kleinften — möglicherweife negativen — ergeben fich durch Vertaufchung von g mit q und q mit g aus denfelben Gleichungen.

Beifpiel. Des Vergleiches wegen mag hier die in Art. 276 (S. 256) fchon für gleiche Stützenteilungen zu Grunde gelegte Decke nach den nunmehr feftgeftellten Gefichtspunkten nochmals durchgerechnet werden. Für die Balken ift demnach $L = 15\,\mathrm{m}$ und für die Unterzüge $L = 30\,\mathrm{m}$; die Eigenlaft beträgt $g = 400$ und die Nutzlaft $p = 500\,\mathrm{kg}$ für $1\,\mathrm{qm}$.

Für die Balken ift $p = 4$, $q = 9\,\mathrm{kg}$ für $1\,\mathrm{cm}$ und bei Anordnung nach Fig. 484 mit Gelenken in der Mittelöffnung nach Gleichung 101

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0{,}8536}{\sqrt{1 + \frac{4}{9}} - 1} \cdot \frac{4}{9} = 0{,}7784;$$

nach Gleichung 105 wird für $n = 1$ und $L = 15$ hiernach $15 = 2 \cdot 0{,}7784\; l_2 + 1 \cdot l_2$; fomit $l_2 = 5{,}866$ und $l_1 = 4{,}567\,\mathrm{m}$, und weiter nach Gleichung 100: $k_1 l_2 = 0{,}14644 \cdot 5{,}866 = 0{,}859\,\mathrm{m}$.

Nach Gleichung 107 ift das überall gleiche gröfste Moment $M = \frac{9 \cdot 586{,}6^2}{16} = 193\,556\,\mathrm{cmkg}$; fomit genügt bei $1000\,\mathrm{kg}$ zuläffiger Spannung das Profil Nr. 20.

Die Belaftung der Unterzüge folgt nach Gleichung 111

$$\text{mit dem gröfsten Werte } D_2 = \frac{9}{2}\left(456{,}7 + 586{,}6 + \frac{586{,}6^2}{8 \cdot 456{,}7}\right) = 5118\,\mathrm{kg},$$

$$\text{mit dem kleinften Werte } D_2 = \frac{4}{2}\left(456{,}7 + 586{,}6 + \frac{586{,}6^2}{8 \cdot 456{,}7}\right) = 2274\,\mathrm{kg}.$$

Werden diefe Laften, welche in $1{,}00\,\mathrm{m}$ Teilung wiederkehren, gleichförmig verteilt gedacht, fo wird für die Unterzüge $q = 51{,}2\,\mathrm{kg}$ und $g = 22{,}8\,\mathrm{kg}$.

Werden für die Balken nach Fig. 485 die Gelenke in die Endöffnungen gelegt, fo ift nach Gleichung 109

$$\frac{l_4}{l_3} = 1{,}207\,\sqrt{\frac{9}{4+9}} = 1{,}0043;$$

fomit nach Gleichung 104 für $n = 1$ nunmehr $15 = 2\,l_4 + \frac{1}{1{,}0043}\,l_4$, alfo $l_4 = 5{,}007\,\mathrm{m}$ und $l_3 = 4{,}986\,\mathrm{m}$.

Nach Gleichung 99 ift $k\,l_4 = 0{,}1716 \cdot 5{,}007 = 0{,}861\,\mathrm{m}$. Nach Gleichung 107 wird

$$M = 0{,}0858 \cdot 9 \cdot 500{,}7^2 = 194\,041\,\mathrm{cmkg},$$

alfo ebenfo grofs, wie nach der Anordnung mit Gelenken in der Mittelöffnung.

Die Belaftung der Unterzüge wird nach Gleichung 117

$$D_8 = 9\,\frac{498{,}6 + 500{,}7}{2} + 0{,}0858\,[9 \cdot 500{,}7\,(1 + 1{,}0043) - 4 \cdot 1{,}0043 \cdot 500{,}7] = 5100\,\mathrm{kg};$$

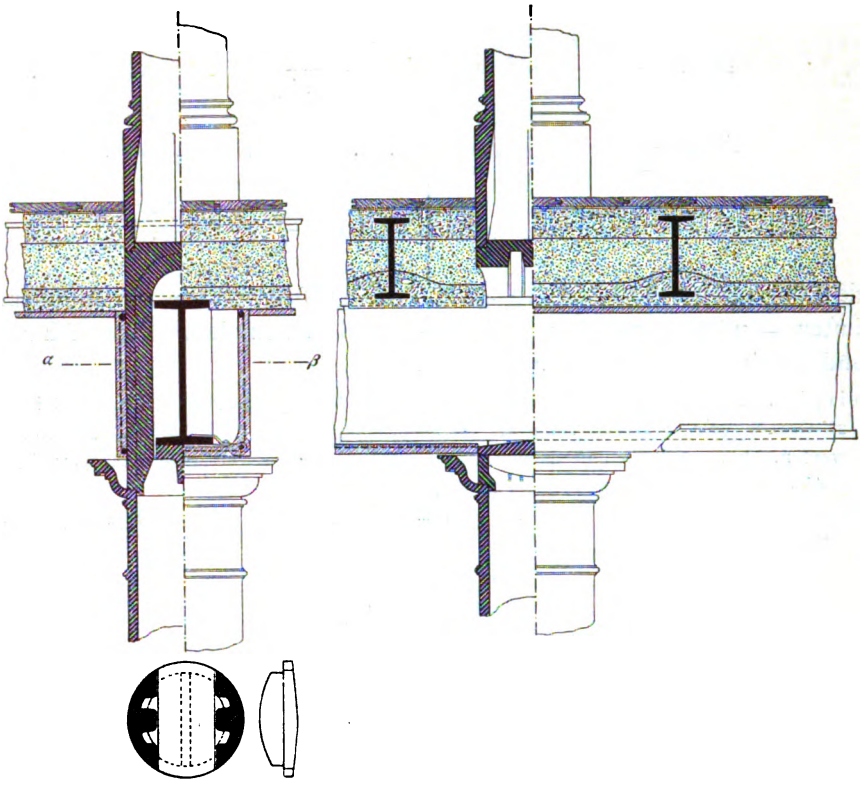
am kleinften, wenn in Gleichung 117 die Gröfsen g und q vertaufcht werden, fomit

$$D_8 = 4\,\frac{498{,}6 + 500{,}7}{2} + 0{,}0858\,[4 \cdot 500{,}7\,(1 + 1{,}0043) - 9 \cdot 1{,}0043 \cdot 500{,}7] = 1955\,\mathrm{kg}.$$

Hier find beide Anordnungen alfo etwa gleichwertig; wegen der befferen Verbindung der Säulen mit den Wänden, fowie wegen der geringeren Schwankung in der Belaftung der Unterzüge wird die erftere nach Fig. 484 beibehalten.

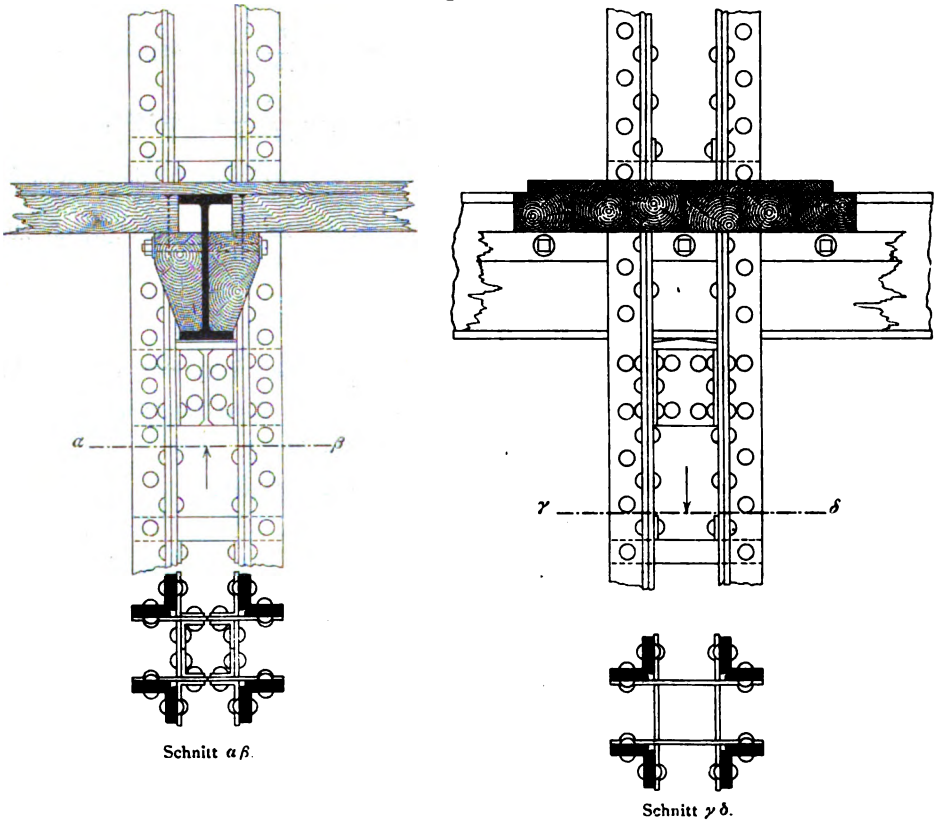
Digitized by Google

Fig. 486.



Schnitt α β.

Fig. 487.



Schnitt α β.

Schnitt γ δ.

Digitized by Google

Für den Unterzug ist somit rund $q = 51{,}2$ kg und $g = 22{,}8$ kg für 1 cm. Um bei $L = 30$ m annähernd 5 m Säulenentfernung zu erhalten, werden 6 Oeffnungen angeordnet, so dafs Fig. 482 mafsgebend ist. Alsdann ist nach Gleichung 101

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0{,}8536}{\sqrt{1 + \frac{22{,}8}{51{,}2}} - 1} \cdot \frac{22{,}8}{51{,}2} = 0{,}7793;$$

nach Gleichung 102

$$\frac{l_3}{l_2} = 0{,}7072 \sqrt{\frac{22{,}8 + 51{,}2}{51{,}2}} = 0{,}8502;$$

nach Gleichung 103

$$\frac{l_4}{l_2} = 0{,}8525.$$

Wird weiter in Gleichung 106 für n der Wert 3 eingesetzt, so folgt

$$30 = l_2 (0{,}7793 + 0{,}8525 + 2 + 2 \cdot 0{,}8502) \quad \text{oder} \quad l = 5{,}626 \text{ m}.$$

Danach ist

$$l_1 = 0{,}7793 \cdot 5{,}626 = 4{,}385 \text{ m},$$
$$l_3 = 0{,}8502 \cdot 5{,}626 = 4{,}783 \text{ m},$$
$$l_4 = 0{,}8525 \cdot 5{,}626 = 4{,}797 \text{ m}.$$

Das an allen gefährlichen Stellen gleiche gröfste Moment ist nach Gleichung 107

$$M = \frac{51{,}2 \cdot 562{,}6^2}{16} = 1012860 \text{ cmkg}.$$

Bei 1000 kg Spannung ist sonach durchweg das I-Profil Nr. 36 zu verwenden; somit ist die Trägeranordnung trotz der etwas gröfseren Last hier vorteilhafter als bei gleichen Stützenteilungen.

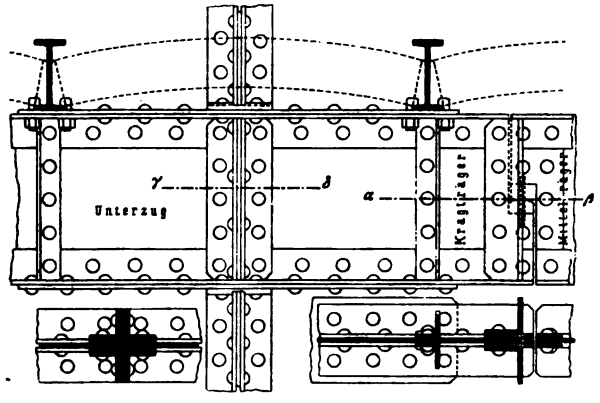
Die Länge $k_1 l_2$ wird nach Gleichung 100: $0{,}14644 \cdot 562{,}6 = 82{,}4$ cm und $k l_4$ nach Gleichung 99: $0{,}173 \cdot 479{,}7 = 82{,}5$ cm.

Die Stützendrücke, welche aus den Gleichungen 110 bis 117 folgen, werden hier um ein geringes gröfser, als bei gleicher Teilung der Stützen. So wird z. B. nach Gleichung 112

$$D_3 = 51{,}2 \frac{562{,}6 + 478{,}3}{2} + (51{,}2 - 22{,}8) \frac{562{,}6^2}{16 \cdot 478{,}3} = 27820 \text{ kg}.$$

Der Druck D_3 für gleiche Stützenteilung betrug nur 25802 kg; doch hat diefer Unterfchied keinen erheblichen Einflufs auf die Koften der Säulen; viel wichtiger ist die durch die überall gleiche Trägerhöhe erzielte gröfsere Gleichmäfsigkeit in der Ausbildung der Stützen, wie der ganzen Decke.

Fig. 488.



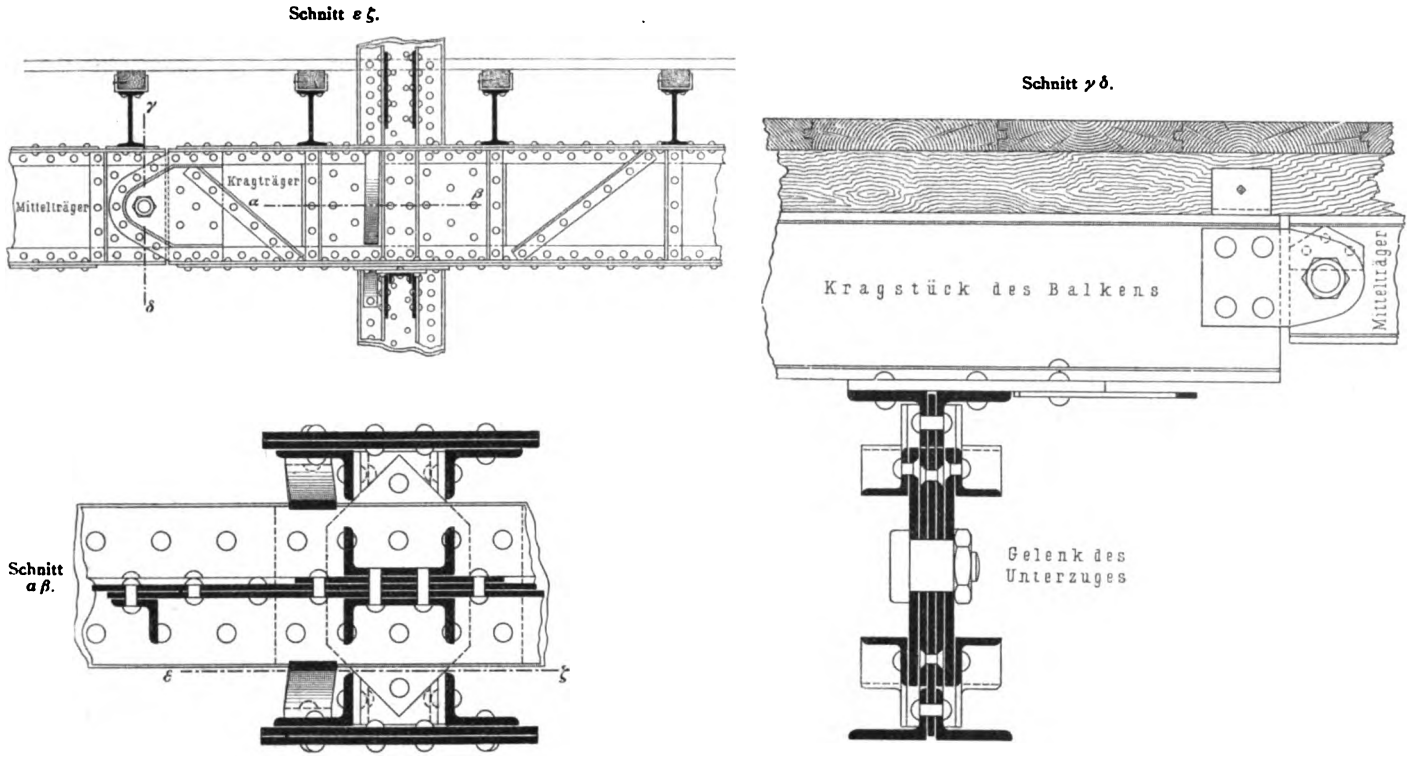
Schnitt $\gamma\,\delta$. Schnitt $\alpha\,\beta$.

Es mag noch befonders hervorgehoben werden, dafs in den Rechnungsbeifpielen das Eigengewicht der Träger vernachläffigt wurde; bei Berechnungen für die Ausführung genügt es, für die Balken ein Gewicht von 0,5 kg für 1 cm, für die Unterzüge ein folches von 0,9 kg für 1 cm von vornherein einzuführen. In der Regel werden die Träger diefe Gewichte nicht ganz erreichen.

Bei einfacher Anordnung der Unterzüge könnten die Stützen nach den Beifpielen in Fig. 486 bis 490 ausgebildet werden; die Anordnung in Fig. 491 ift für fo fchwere Tragkonftruktion, wegen der Schwächung der Säule, weniger zu empfehlen. Bei gufseifernen Stützen find ftreng genommen nur die Anordnungen nach Fig. 486

Digitized by Google

Fig. 489.


Schnitt ε ζ.
γ
Mittelträger
Kragträger
α
β
δ
Schnitt γ δ.
Kragstück des Balkens
Mittelträger
Gelenk des Unterzuges
Schnitt α β.
ε
ζ

ganz vollkommen, ſowie für nicht zu groſse Belaſtung auch die Anordnung nach Fig. 495; die nächſtbeſte nach Fig. 492 bedingt aber eine Balkenlagerung nach Fig. 493 oder 494. Man erkennt hieraus, daſs ſich durchlaufende Gelenkunterzüge bei ſchmiedeeiſernen Stützen weſentlich bequemer anordnen laſſen als bei den geſchloſſenen guſseiſernen, wenn nicht die Decke ſo leicht iſt, daſs man die Anordnung nach Fig. 495, 486 oder 491 unbedenklich wählen kann.

Bei den ungleichen Stützenteilungen iſt das Nachrechnen der kleinſten Stützendrücke nach den Gleichungen 110 bis 117 unter Vertauſchen von g und q noch

Fig. 490.

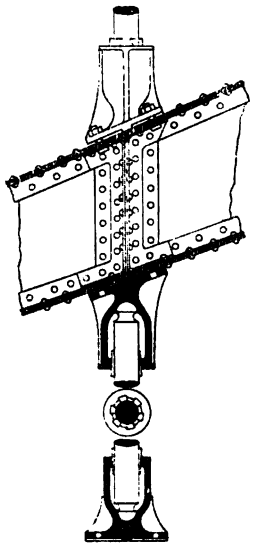


Fig. 491.

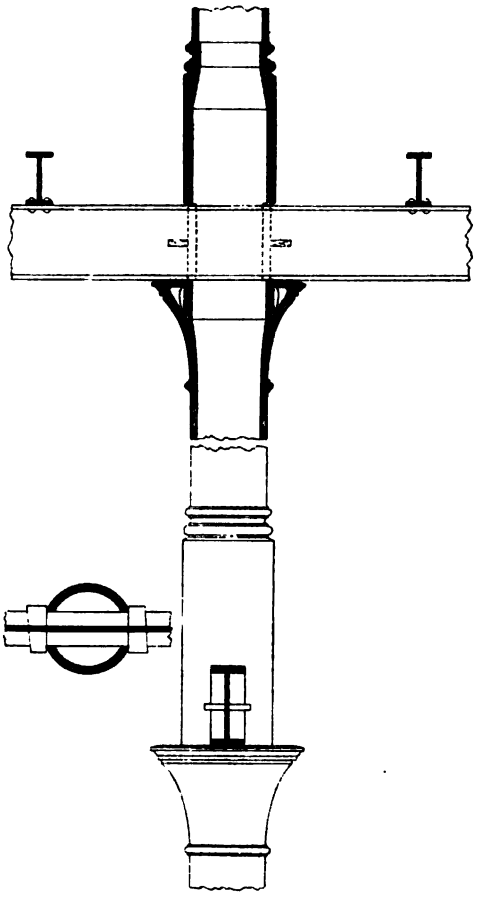


Fig. 492.

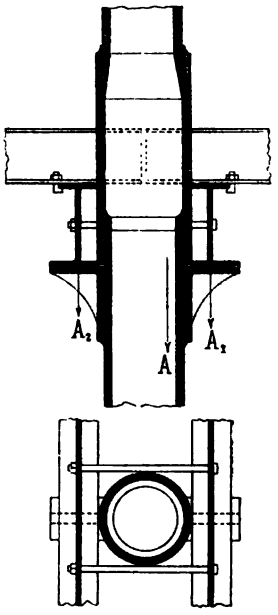


Fig. 493.

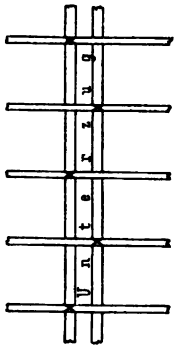
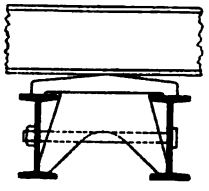


Fig. 494.



wichtiger als bei gleichen Oeffnungen, da die Verankerung der Auflagerſtellen nach unten für negative Stützendrücke hier noch leichter als dort erforderlich wird. Zur Aufhebung dieſer ſtets geringen negativen Auflagerdrücke wird in der Regel ſchon das Gewicht der Stützen genügen. Die Endauflager, bei denen am leichteſten negative Auflagerkräfte vorkommen, können meiſt Verankerungen in den Wänden erhalten; doch iſt dann bei Bemeſſung der Wandſtärken die Wirkung dieſer meiſt aufserhalb des Schwerpunktes nach oben wirkenden Kräfte genau zu berückſichtigen.

Digitized by Google

279. Stützweiten vorgeſchrieben.

Der zweite Fall iſt der, daſs die Stützweiten zwar verſchieden, aber unabhängig vom Verhältniſſe $g : q$ feſt vorgeſchrieben ſind, ſo daſs die Ausgleichung aller gröſsten Momente nicht mehr möglich iſt.

Abgeſehen von ganz unregelmäſsigen Anordnungen, in denen bloſs Sonderrechnungen von Fall zu Fall zum Ziele führen können, iſt hier nur der oben angedeutete Fall allgemein zu behandeln, daſs die Stützenſtellung in Fig. 480 bis 485 für ein Geſchoſs oder mehrere gleich belaſtete Stockwerke auf vollſtändige Ausgleichung der Momente eingerichtet wurde, und nun in einem anderen Geſchoſſe durchgeführt werden muſs, wo ſie dem dort auftretenden veränderten Verhältniſſe $g : q$ nicht mehr entſpricht.

In Fig. 496 bis 499 ſind daher die Bezeichnungen der Stützweiten aus Fig. 480 bis 482 (S. 259) übernommen, und es kommt nun darauf an, die Gelenke ſo zu legen, daſs die drei, in den Endſtücken die zwei gröſsten Momente jedes durchlaufenden Trägerſtückes unter ſich gleich werden. Alsdann werden im allgemeinen die durchlaufenden Trägerſtücke unter ſich und auch gegen die eingehängten Trägerſtücke verſchiedenen Querſchnitt erhalten, wie dies durch die in Fig. 496 bis 499 beigeſchriebenen Momentenbezeichnungen angedeutet iſt. Die Lage der Gelenke, die Momentengröſsen und die Auflagerdrücke ergeben ſich mit Bezug auf Fig. 496 aus den folgenden Formeln.

Zuerſt werden aus den gegebenen Stützweiten und g und q zwei Hilfsgröſsen a und b berechnet nach:

$$a = \frac{q}{4(g+q)} \frac{l_3^2}{l_2^2}, \quad \ldots \quad 118.$$

$$b = \left[\frac{q}{g} \frac{l_1}{l_2}\left(\sqrt{1+\frac{g}{q}}\right) - 1\right]^2. \quad \ldots \quad 119.$$

Danach ergiebt ſich dann:

$$k = \frac{q}{4(g+q)} \frac{l_3^2}{l_1^2}, \quad \ldots \quad 120$$

$$k_1 = 0{,}5\,(1 - \sqrt{1-4a}), \quad \ldots \quad 121.$$

$$k_2 = \frac{b+1-a}{2} - \sqrt{\left(\frac{b+1-a}{2}\right)^2 - b}, \quad 122.$$

$$k_3 = \frac{a}{1-k_2}, \quad \ldots \quad 123.$$

$$M = \frac{q a l_2^2}{2}, \quad \ldots \quad 124.$$

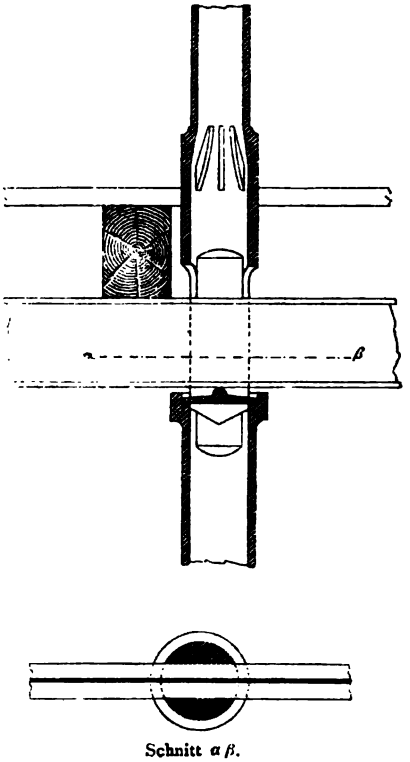
$$M_1 = \frac{q b l_2^2}{2} \quad \ldots \quad 125.$$

Die Momente M_3 und M_1 für die eingehängten Trägerſtücke ergeben ſich nach den Regeln des Balkens auf zwei Stützen.

Die gröſsten Werte der Stützendrücke ſind:

$$D_1 = \frac{q l_1}{2} - \frac{g b l_2^2}{2 l_1}, \quad \ldots \quad 126.$$

Fig. 495.



Schnitt $\alpha\beta$.

Vom Gaſthof »Engliſcher Hof« zu Hildesheim. — $^1/_{25}$ w. Gr.

Digitized by Google

$$D_2 = \frac{q}{2}\left[l_1 + l_2\left(1 + k_2 - k_3 + \frac{l_2}{l_1}\,b\right)\right], \quad \ldots \quad 127.$$

$$D_3 = \frac{q}{2}\left[l_2(1-k_2) + l_3\right]\left(1 + k_3\,\frac{l_2}{l_3}\right) - \frac{g\,a\,l_2^{\,2}}{2\,l_3}, \quad \ldots \quad 128.$$

$$D_4 = \frac{q}{2}\left(l_2 + l_3 + a\,\frac{l_2^{\,2}}{l_3}\right) - \frac{g\,a\,l_2^{\,2}}{2\,l_3}, \quad \ldots \quad 129.$$

$$D_5 = \frac{q}{2}\left[l_3 + l_4 + k\,l_4\left(1 + \frac{l_4}{l_3}\right)\right] - \frac{g\,a\,l_2^{\,2}}{2\,l_3}, \quad \ldots \quad 130.$$

$$D_6 = \frac{q}{2}\,l_4\,(1-k) \quad \ldots \quad 131.$$

Fig. 496.

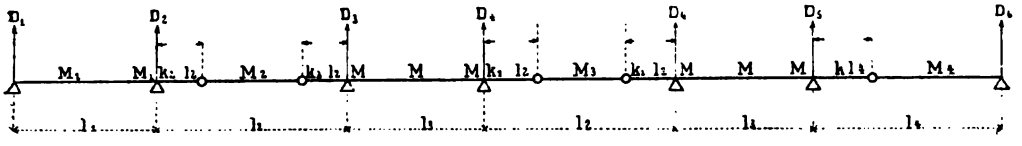


Fig. 497.

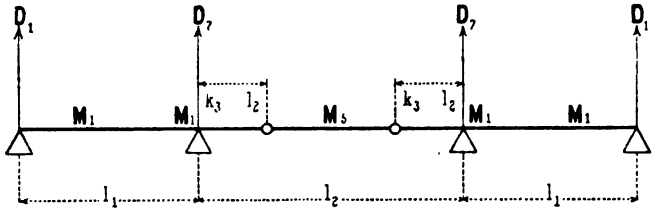


Fig. 498.

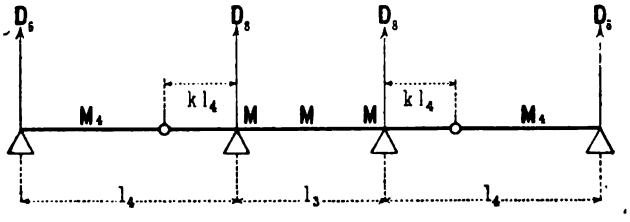
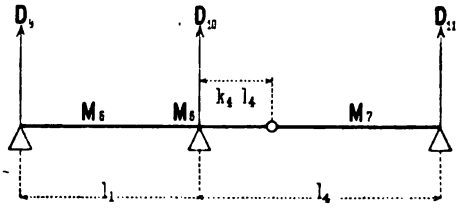


Fig. 499.



Auch hier ergeben ſich die geringſten, möglicherweiſe negativen Werte der Stützendrücke aus den Gleichungen 126 bis 131 durch Vertauſchen von g und q, wobei zu beachten iſt, daſs die Gröſsen a und b die Gröſsen g und q enthalten, ſich alſo bei dieſer Vertauſchung auch ändern.

Digitized by Google

Die Verhältniſſe derartiger Stützungen von Trägern auf vier und drei Stützen ſind in Fig. 497 bis 499 dargeſtellt.

Für dieſe treten den oben angegebenen Formeln noch die folgenden hinzu:

$$k_3 = 0{,}5 - \sqrt{0{,}25 - b} \quad \ldots \quad 132.$$

$$k_4 = \left[\frac{q}{g}\frac{l_4}{l_1}\left(\sqrt{1+\frac{g}{q}} - 1\right)\right]^2 \quad \ldots \quad 133.$$

$$M_6 = \frac{q\,k_4\,l_4^2}{2} \quad \ldots \quad 134.$$

$$D_7 = \frac{q}{2}\left[l_1 + l_2\left(1 + \frac{l_2}{l_1}\,b\right)\right] \quad \ldots \quad 135.$$

$$D_8 = \frac{q}{2}\left[l_4 + l_3 + k\,l_4\left(1 + \frac{l_4}{l_3}\right)\right] - \frac{g\,k\,l_4^2}{2\,l_3} \quad \ldots \quad 136.$$

$$D_9 = \frac{1}{2}\left(q\,l_1 - g\,k_4\,\frac{l_4^2}{l_1}\right) \quad \ldots \quad 137.$$

$$D_{10} = \frac{q}{2}\left\{l_1 + l_4\left[1 + k_4\left(1 + \frac{l_4}{l_1}\right)\right]\right\} \quad \ldots \quad 138.$$

$$D_{11} = \frac{q\,l_4}{2}\,(1 - k_4) \quad \ldots \quad 139.$$

Die Momente M_5 und M_7 folgen wieder ohne weiteres aus den Trägerſtücken, in denen ſie wirken, wenn man letztere als Träger auf zwei Stützen behandelt. Die kleinſten Stützendrücke ergeben ſich wie früher, aus den Gleichungen 135 bis 139 durch Vertauſchen von g und q.

Berichtigungen.

S. 83, Zeile 9 von unten ſoll ſtatt: »Fig. 375« heiſsen: »Fig. 382«.

S. 113, Zeile 1 von oben: Statt: »$\frac{s}{E} = 0{,}000005$« zu leſen: »$\frac{s}{E} = 0{,}000005\ s$«.

Zeile 4 von oben: Statt: »$\frac{s}{E} = 0{,}000001$« zu leſen: »$\frac{s}{E} = 0{,}000001\ s$«.

Digitized by Google

Wichtigstes Werk für Architekten,

Ingenieure, Bautechniker, Baubehörden, Baugewerkmeister, Bauunternehmer.

Handbuch der Architektur.

Unter Mitwirkung von Prof. Dr. **J. Durm**, Geh. Rat in Karlsruhe und
Prof. **H. Ende**, Geh. Regierungs- und Baurat, Präsident der Kunstakademie in Berlin,
herausgegeben von Prof. Dr. **Ed. Schmitt**, Geh. Baurat in Darmstadt.

Erster Teil.

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

1. Band, Heft 1: **Einleitung.** (Theoretische und historische Uebersicht.) Von Geh. Rat † Dr. A. v. Essenwein, Nürnberg. — **Die Technik der wichtigeren Baustoffe.** Von Hofrat Prof. Dr. W. F. Exner, Wien, Prof. H. Hauenschild, Berlin, Prof. Dr. G. Lauboeck, Wien und Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. Zweite Aufl.; Preis: 10 M., in Halbfrz. geb. 13 M.

Heft 2: **Die Statik der Hochbaukonstruktionen.** Von Geh. Baurat Prof. Th. Landsberg, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

2. Band: **Die Bauformenlehre.** Von Prof. J. Bühlmann, München. Zweite Auflage. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

3. Band: **Die Formenlehre des Ornaments.** In Vorbereitung.

4. Band: **Die Keramik in der Baukunst.** Von Prof. R. Borrmann, Berlin. Preis: 8 Mark, in Halbfranz gebunden 11 Mark.

5. Band: **Die Bauführung.** Von Geh. Baurat Prof. H. Koch, Berlin. Preis: 12 M., in Halbfrz. geb. 15 M.

Zweiter Teil.

DIE BAUSTILE.

Historische und technische Entwickelung.

1. Band: **Die Baukunst der Griechen.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. Durm, Karlsruhe. Zweite Auflage. Preis: 20 Mark, in Halbfranz gebunden 23 Mark.

2. Band: **Die Baukunst der Etrusker und der Römer.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. Durm, Karlsruhe. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

3. Band, Erste Hälfte: **Die altchristliche und byzantinische Baukunst.** Zweite Auflage. Von Prof. Dr. H. Holtzinger, Hannover. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Zweite Hälfte: **Die Baukunst des Islam.** Von Direktor J. Franz-Pascha, Kairo. Zweite Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

4. Band: **Die romanische und die gotische Baukunst.**

Heft 1: **Die Kriegsbaukunst.** Von Geh. Rat † Dr. A. v. Essenwein, Nürnberg. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 2: **Der Wohnbau.** Von Geh. Rat † Dr. A. v. Essenwein, Nürnberg. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 3: **Der Kirchenbau.** Von Reg.- u. Baurat M. Hasak, Berlin. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Heft 4: **Einzelheiten des Kirchenbaues.** Von Reg.- u. Baurat M. Hasak, Berlin. Unter der Presse.

5. Band: **Die Baukunst der Renaissance in Italien.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. Durm, Karlsruhe. Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

6. Band: **Die Baukunst der Renaissance in Frankreich.** Von Architekt Dr. H. Baron v. Geymüller, Baden-Baden.

Heft 1: **Historische Darstellung der Entwickelung des Baustils.** Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Heft 2: **Struktive und ästhetische Stilrichtungen. — Kirchliche Baukunst.** Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

7. Band: **Die Baukunst der Renaissance in Deutschland, Holland, Belgien und Dänemark.** Von Direktor Dr. G. v. Bezold, Nürnberg. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Jedes Heft bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch einzeln käuflich.

Digitized by Google

DRITTER TEIL.

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

1. Band: **Konstruktionselemente** in Stein, Holz und Eisen. Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. F. HEINZERLING, Aachen und Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. — **Fundamente.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

2. Band: **Raumbegrenzende Konstruktionen.**

Heft 1: **Wände und Wandöffnungen.** Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 2: **Einfriedigungen, Brüstungen und Geländer; Balkone, Altane und Erker.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Gesimse.** Von Prof. † A. GÖLLER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 20 M., in Halbfranz geb. 23 M.

Heft 3, a: **Balkendecken.** Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover. Zweite Aufl. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3, b: **Gewölbte Decken; verglaste Decken und Deckenlichter.** Von Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig, Bau- und Betriebs-Inspektor A. SCHACHT, Celle, und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 4: **Dächer**; Dachformen. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — Dachstuhlkonstruktionen. Von Geh. Baurat Prof. TH. LANDSBERG, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 5: **Dachdeckungen**; verglaste Dächer und Dachlichter; massive Steindächer, Nebenanlagen der Dächer. Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin, Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt und Geh. Oberbaurat L. SCHWERING, St. Johann a. d. Saar. Zweite Auflage. Preis: 26 Mark, in Halbfranz gebunden 29 Mark.

3. Band, Heft 1: **Fenster, Thüren** und andere bewegliche Wandverschlüsse. Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Anlagen zur Vermittelung des Verkehrs in den Gebäuden** (Treppen und innere Rampen; Aufzüge; Sprachrohre, Haus- und Zimmer-Telegraphen). Von Direktor † J. KRÄMER, Frankenhausen, Kaiserl. Rat PH. MAYER, Wien, Baugewerkschullehrer O. SCHMIDT, Posen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.

Heft 3: **Ausbildung der Fussboden-, Wand- und Deckenflächen.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

4. Band: **Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.** Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — Künstliche Beleuchtung der Räume. Von Geh. Regierungsrat Prof. H. FISCHER und Prof. Dr. W. KOHLRAUSCH, Hannover. — Heizung und Lüftung der Räume. Von Geh. Regierungsrat Prof. H. FISCHER, Hannover. — Wasserversorgung der Gebäude. Von Prof. Dr. O. LUEGER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 22 Mark, in Halbfranz gebunden 25 Mark.

5. Band: **Koch-, Spül-, Wasch- und Bade-Einrichtungen.** Von Geh. Bauräten Professoren † E. MARX und Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Entwässerung und Reinigung der Gebäude;** Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwassers; Aborte und Pissoirs; Entfernung der Fäkalstoffe aus den Gebäuden. Von Privatdocent Bauinspektor M. KNAUFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. (Vergriffen.) Dritte Auflage in Vorbereitung.

6. Band: **Sicherungen gegen Einbruch.** Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. — **Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik.** Von Geh. Baurat † A. ORTH, Berlin. — **Glockenstühle.** Von Geh. Rat Dr. C. KÖPCKE, Dresden. — **Sicherungen gegen Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen; Stützmauern.** Von Baurat E. SPILLNER, Essen. — **Terrassen und Perrons, Freitreppen und äussere Rampen.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen. — **Vordächer.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Eisbehälter und sonstige Kühlanlagen.** Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Baurat E. SPILLNER, Essen. Zweite Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Digitized by Google

VIERTER TEIL.

ENTWERFEN, ANLAGE UND EINRICHTUNG DER GEBÄUDE.

1. Halbband: **Die architektonische Komposition.** Allgemeine Grundzüge. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Die Proportionen in der Architektur. Von Prof. A. THIERSCH, München. — Die Anlage des Gebäudes. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Die Gestaltung der äusseren und inneren Architektur. Von Prof. J. BÜHLMANN, München. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage. (Vergriffen.)
Dritte Auflage in Vorbereitung.

2. Halbband: **Gebäude für die Zwecke des Wohnens, des Handels und Verkehres.**

Heft 1: **Wohnhäuser.** Von Geh. Hofrat Prof. C. WEISSBACH, Dresden.
Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Geschäfts- und Handelszwecke** (Geschäfts-, Kauf- und Warenhäuser, Gebäude für Banken und andere Geldinstitute, Passagen oder Galerien, Börsengebäude). Von Prof. Dr. H. AUER, Bern, Architekt P. KICK, Berlin, Prof. K. ZAAR, Berlin und Docent A. L. ZAAR, Berlin. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Heft 3: **Gebäude für den Post-, Telegraphen- und Fernsprechdienst.** Von Postbaurat R. NEUMANN, Erfurt. Preis: 10 Mark, in Halbfranz gebunden 13 Mark.

3. Halbband: **Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft und der Lebensmittel-Versorgung.**

Heft 1: **Landwirtschaftliche Gebäude und verwandte Anlagen.** Von Prof. A. SCHUBERT, Kassel und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Lebensmittel-Versorgung** (Schlachthöfe und Viehmärkte; Märkte für Lebensmittel; Märkte für Getreide; Märkte für Pferde und Hornvieh). Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

4. Halbband: **Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke.**

Heft 1: **Schankstätten und Speisewirtschaften, Kaffeehäuser und Restaurants.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Volksküchen und Speiseanstalten für Arbeiter; Volks-Kaffeehäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Oeffentliche Vergnügungsstätten.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Festhallen.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. — **Gasthöfe höheren Ranges.** Von Geh. Baurat H. v. D. HUDE, Berlin. — **Gasthöfe niederen Ranges, Schlaf- und Herbergshäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. (Vergriffen.)
Dritte Auflage in Vorbereitung.

Heft 2: **Baulichkeiten für Kur- und Badeorte.** Von Architekt † J. MYLIUS, Frankfurt a. M. und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Gebäude für Gesellschaften und Vereine.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Baulichkeiten für den Sport. Sonstige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe, Architekt † J. LIEBLEIN, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. R. v. REINHARDT, Stuttgart und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 11 Mark, in Halbfranz gebunden 14 Mark.

5. Halbband: **Gebäude für Heil- und sonstige Wohlfahrts-Anstalten.**

Heft 1: **Krankenhäuser.** Von Prof. F. O. KUHN, Berlin. Zweite Auflage.
Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

Heft 2: **Verschiedene Heil- und Pflege-Anstalten** (Irrenanstalten, Entbindungsanstalten, Heimstätten für Wöchnerinnen und für Schwangere, Sanatorien, Lungenheilstätten, Heimstätten für Genesende); **Versorgungs-, Pflege- und Zufluchtshäuser.** Von Stadtbaurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Oberbaurat und Geh. Regierungsrat † A. FUNK, Hannover und Prof. K. HENRICI, Aachen. Zweite Auflage.
Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3: **Bade- und Schwimm-Anstalten.** Von Baurat F. GENZMER, Wiesbaden.
Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: **Wasch- und Desinfektions-Anstalten.** Von Baurat F. GENZMER, Wiesbaden.
Preis: 9 Mark, in Halbfranz gebunden 12 Mark.

Jedes Heft bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch einzeln käuflich.

Digitized by Google

6. Halbband: **Gebäude für Erziehung, Wissenschaft und Kunst.**

Heft 1: **Niedere und höhere Schulen** (Schulbauwesen im allgemeinen; Volksschulen und andere niedere Schulen; niedere techn. Lehranstalten u. gewerbl. Fachschulen; Gymnasien und Real-Lehranstalten, mittlere techn. Lehranstalten, höhere Mädchenschulen, sonstige höhere Lehranstalten; Pensionate u. Alumnate, Lehrer- u. Lehrerinnen-Seminare, Turnanstalten). Von Stadtbaurat G. Behnke, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. † H. Lang, Karlsruhe, Architekt † O. Lindheimer, Frankfurt a. M., Geh. Bauräten Prof. Dr. E. Schmitt und † Dr. H. Wagner, Darmstadt. (Vergriffen.) Zweite Auflage unter der Presse.

Heft 2: **Hochschulen**, zugehörige und verwandte wissenschaftliche Institute (Universitäten; technische Hochschulen; naturwissenschaftliche Institute; medizinische Lehranstalten der Universitäten; technische Laboratorien; Sternwarten und andere Observatorien). Von Geh. Oberbaurat H. Eggert, Berlin, Baurat C. Junk, Berlin, Geh. Hofrat Prof. C. Körner, Braunschweig, Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt, Oberbaudirektor † Dr. P. Spieker, Berlin und Geh. Regierungsrat L. v. Tiedemann, Potsdam. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 3: **Künstler-Ateliers, Kunstakademien und Kunstgewerbeschulen; Konzerthäuser und Saalbauten.** Von Reg.-Baumeister C. Schaupert, Nürnberg, Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt und Prof. C. Walther, Nürnberg. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: **Gebäude für Sammlungen und Ausstellungen** (Archive; Bibliotheken; Museen; Pflanzenhäuser; Aquarien; Ausstellungsbauten). Von Baurat † A. Kerler, Karlsruhe, Stadtbaurat A. Kortüm, Halle, Architekt † O. Lindheimer, Frankfurt a. M., Prof. A. Messel, Berlin, Architekt R. Opfermann, Mainz, Geh. Bauräten Prof. Dr. E. Schmitt und † Dr. H. Wagner, Darmstadt. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 5: **Theater- und Cirkusgebäude.** Von Baurat M. Semper, Hamburg und Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. Unter der Presse.

7. Halbband: **Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Gesetzgebung; Militärbauten.**

Heft 1: **Gebäude für Verwaltung und Rechtspflege** (Stadt- und Rathäuser; Gebäude für Ministerien, Botschaften und Gesandtschaften; Geschäftshäuser für Provinz- und Kreisbehörden; Geschäftshäuser für sonstige öffentliche und private Verwaltungen; Leichenschauhäuser; Gerichtshäuser; Straf- und Besserungsanstalten). Von Prof. F. Bluntschli, Zürich, Stadtbaurat A. Kortüm, Halle, Prof. G. Lasius, Zürich, Stadtbaurat † G. Osthoff, Berlin, Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt, Baurat F. Schwechten, Berlin, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. Wagner, Darmstadt und Baudirektor † Th. v. Landauer, Stuttgart. Zweite Auflage.
Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

Heft 2: **Parlaments- und Ständehäuser; Gebäude für militärische Zwecke.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. P. Wallot, Dresden, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. Wagner, Darmstadt und Oberstleutnant F. Richter, Dresden. Zweite Aufl. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

8. Halbband: **Kirchen, Denkmäler und Bestattungsanlagen.**

Heft 1: **Kirchen.** Von Hofrat Prof. Dr. C. Gurlitt, Dresden. In Vorbereitung.

Heft 2 u. 3: **Denkmäler.** Von Architekt A. Hofmann, Berlin. Unter der Presse.

9. Halbband: **Der Städtebau.** Von Geh. Baurat J. Stübben, Köln. (Vergriffen.)
Zweite Auflage in Vorbereitung.

10. Halbband: **Die Garten-Architektur.** Von Baurat A. Lambert und Architekt E. Stahl, Stuttgart.
Preis: 8 Mark, in Halbfranz gebunden 11 Mark

Das »Handbuch der Architektur« ist zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen, welche auf Verlangen auch einzelne Bände zur Ansicht vorlegen. Die meisten Buchhandlungen liefern das »Handbuch der Architektur« auf Verlangen sofort vollständig, soweit erschienen, oder eine beliebige Auswahl von Bänden, Halbbänden und Heften auch gegen monatliche Teilzahlungen. Die Verlagshandlung ist auf Wunsch bereit, solche Handlungen nachzuweisen.

Stuttgart,
im Februar 1903.

Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung
A. Kröner.

Digitized by Google

Handbuch der Architektur.

Unter Mitwirkung von Prof. Dr. **J. Durm**, Geh. Rat in Karlsruhe und
Prof. **H. Ende**, Geh. Regierungs- und Baurat, Präsident der Kunstakademie in Berlin,
herausgegeben von Prof. Dr. **Ed. Schmitt**, Geh. Baurat in Darmstadt.

Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung (A. Kröner) in Stuttgart.

Alphabetisches Sach-Register.

	Teil	Band	Heft
Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwassers	III	5	
Aborte	III	5	
Akademien der bildenden Künste	IV	6	3
Akademien der Wissenschaften	IV	4	2
Akustik. Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik	III	6	
Altane	III	2	2
Altchristliche Baukunst	II	3	1
Altersversorgungs-Anstalten	IV	5	2
Alumnate	IV	6	1
Anlage der Gebäude	IV		
Antike Baukunst	II	1/2	
Aquarien	IV	6	4
Arbeiterwohnhäuser	IV	2	1
Arbeitshäuser	IV	5	2
„	IV	7	1
Architekturformen. Gestaltung nach malerischen Grundsätzen	I	2	
Archive	IV	6	4
Armen-Arbeitshäuser	IV	5	2
Armen-Versorgungshäuser	IV	5	2
Asphalt als Material des Ausbaues	I	1	1
Ateliers	IV	6	3
Aufzüge	III	3	2
Ausbau. Konstruktionen des inneren Ausbaues	III	3/6	
Materialien des Ausbaues	I	1	1
Aussteigeöffnungen der Dächer	III	2	5
Ausstellungsbauten	IV	6	4
Bade-Anstalten	IV	5	3
Bade-Einrichtungen	III	5	
Balkendecken	III	2	3,a
Balkone	III	2	2
Balustraden	IV	9	
Bankgebäude	IV	2	2
Bauernhäuser	IV	2	1
Bauernhöfe	IV	2	1
„	IV	3	1
Bauformenlehre	I	2	
Bauführung	I	5	
Bauleitung	I	5	
Baumaschinen	I	5	
Bausteine	I	1	1
Baustile. Historische und technische Entwickelung	II	1/7	
Baustoffe. Technik der wichtigeren Baustoffe	I	1	1
Bazare	IV	2	2
Beherbergung. Gebäude für Beherbergungszwecke	IV	4	
Behörden, Gebäude für	IV	7	1
Beleuchtung, künstliche, der Räume	III	4	
Beleuchtungs-Anlagen	IV	9	
Besserungs-Anstalten	IV	7	1
Bestattungs-Anlagen	IV	8	5
Beton als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Bibliotheken	IV	6	4
Blei als Baustoff	I	1	1
Blinden-Anstalten	IV	5	2
Blitzableiter	III	6	
Börsen	IV	2	2
Botschaften. Gebäude f. Botschaften	IV	7	1
Brunnendenkmäler	IV	8	4
Brüstungen	III	2	2
Buchdruck und Zeitungswesen	IV	7	1
Büchermagazine	IV	6	4
Bürgerschulen	IV	6	1
Bürgersteige, Befestigung der	III	6	
Byzantinische Baukunst	II	3	1
Chemische Institute	IV	6	2
Cirkusgebäude	IV	6	5
Concerthäuser	IV	6	3
Dächer	III	2	4
Massive Steindächer	III	2	5
Metalldächer	III	2	5
Nebenanlagen der Dächer	III	2	5
Schieferdächer	III	2	5
Verglaste Dächer	III	2	5
Ziegeldächer	III	2	5
Dachdeckungen	III	2	5
Dachfenster	III	2	5
Dachformen	III	2	4
Dachkämme	III	2	5
Dachlichter	III	2	5
„	III	3	1
Dachrinnen	III	2	2
Dachstühle. Statik der Dachstühle	I	1	2
Dachstuhlkonstruktionen	III	2	4
Decken	III	2	3, a u. b
Deckenflächen, Ausbildung der	III	3	3

Jedes Heft bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch einzeln käuflich.

Digitized by Google

	Teil	Band	Heft
Deckenlichter	III	2	3,b
„	III	3	1
Denkmäler	IV	8	2/3
Desinfektions-Anstalten	IV	5	4
Desinfektions-Einrichtungen	III	5	
Einfriedigungen	III	2	2
„	IV	9	
Einrichtung der Gebäude	IV	1/8	
Eisbehälter	III	6	
Eisen und Stahl als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Eisenbahn-Verwaltungsgebäude	IV	7	1
Eislaufbahnen	IV	4	2
Elasticitäts- und Festigkeitslehre	I	1	2
Elektrische Beleuchtung	III	4	
Elektro-technische Institute	IV	6	2
Entbindungs-Anstalten	IV	5	2
Entwässerung der Dachflächen	III	2	5
Entwässerung der Gebäude	III	5	
Entwerfen der Gebäude	IV	1/8	
Entwürfe, Anfertigung der	I	5	
Erhellung der Räume mittels Sonnenlicht	III	3	1
Erholung. Gebäude für Erholungszwecke	IV	4	
Erker	III	2	2
Etrusker. Baukunst der Etrusker	II	2	
Exedren	IV	4	2
„	IV	9	
Exerzierhäuser	IV	7	2
Fabrik- und Gewerbewesen	IV	7	1
Fahnenstangen	III	2	5
Fahrradbahnen	IV	4	2
Fahrstühle	III	3	2
Fäkalstoffe-Entfernung aus den Gebäuden	III	5	
Fassadenbildung	IV	1	
Fenster	III	3	1
Fenster- und Thüröffnungen	III	2	1
Fernsprechdienst, Gebäude für	IV	2	3
Fernsprech-Einrichtungen	III	3	2
Festhallen	IV	4	1
Festigkeitslehre	I	1	2
Findelhäuser	IV	5	2
Fluranlagen	IV	1	
Formenlehre des Ornaments	I	3	
Freimaurer-Logen	IV	4	2
Freitreppen	III	6	
„	IV	9	
Fundamente	III	1	
Fussböden	III	3	2
Galerien und Passagen	IV	2	2
Garten-Architektur	IV	10	
Gartenhäuser	IV	4	2
„	IV	9	
Gasbeleuchtung	III	4	
Gasthöfe	IV	4	1
Gebär-Anstalten	IV	5	2
Gebäudebildung	IV	1	
Gebäudelehre	IV	1/8	
Gefängnisse	IV	7	1
Geflügelzüchtereien	IV	3	1
Gehöftanlagen, landwirtschaftliche	IV	3	1
Geländer	III	2	2
Gerichtshäuser	IV	7	1
Gerüste	I	5	
Gesandtschaftsgebäude	IV	7	1
Geschäftshäuser	IV	2	2
Geschichte der Baukunst	II		
Antike Baukunst	II	1/2	
Mittelalterliche Baukunst	II	3/4	
Baukunst der Renaissance	II	5/7	
Gesimse	III	2	2
Gestaltung der äusseren und inneren Architektur	IV	1	
Gestüte	IV	3	1
Getreidemagazine	IV	3	1
Gewächshäuser	IV	6	4
Gewerbeschulen	IV	6	1
Gewölbe. Statik der Gewölbe	I	1	2
Gewölbte Decken	III	2	3,b
Giebelspitzen der Dächer	III	2	5
Glas als Material des Ausbaues	I	1	1
Glockenstühle	III	6	
Gotische Baukunst	II	4	
Griechen. Baukunst der Griechen	II	1	
Gutshöfe	IV	3	1
Gymnasien	IV	6	1
Handel. Gebäude für die Zwecke des Handels	IV	2	2
Handelsschulen	IV	6	1
Heil-Anstalten	IV	5	
Heizung der Räume	III	4	
Herbergshäuser	IV	4	1
Herrensitze	IV	2	1
Hochbau-Konstruktionen	III	1/6	
Hochbaukunde, allgemeine	I	1/5	
Hochlicht	III	3	1
Hochschulen	IV	6	2
Hof-Anlagen	IV	1	
Hofflächen, Befestigung der	III	6	
Holz als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Hospitäler	IV	5	1
Hotels	IV	4	1
Innerer Ausbau	III	3/6	
Innungshäuser	IV	4	2
Institute, wissenschaftliche	IV	6	2
Irren-Anstalten	IV	5	2
Islam. Baukunst des Islam	II	3	2
Isolier-Hospitäler (Absond.-Häuser)	IV	5	1
Justizpaläste	IV	7	1
Kadettenhäuser	IV	7	2
Kaffeehäuser	IV	4	1
Kasernen	IV	7	2
Kaufhäuser	IV	2	2
Kegelbahnen	IV	4	2

Digitized by Google

	Teil	Band	Heft
Keramik in der Baukunst	I	4	
Keramische Erzeugnisse	I	1	1
Kinder-Bewahranstalten	IV	5	2
Kinderhorte	IV	5	2
Kinderkrankenhäuser	IV	5	1
Kioske	IV	4	2
Kirchen	IV	8	1
Kirchenbau, romanischer u. gotischer	II	4	3
Kleinkinderschulen	IV	6	1
Kliniken, medizinische	IV	6	2
Klubhäuser	IV	4	2
Koch-Einrichtungen	III	5	
Komposition, architektonische	IV	1	
Konstruktions-Elemente	III	1	
Konstruktionsmaterialien	I	1	1
Konversationshäuser	IV	4	2
Konzerthäuser	IV	6	3
Kostenanschläge	I	5	
Krankenhäuser	IV	5	1
Kreisbehörden	IV	7	1
Kriegsbaukunst, romanische und got.	II	4	1
Kriegsschulen	IV	7	2
Krippen	IV	5	2
Küchenausgüsse	III	5	
Kühlanlagen	III	6	
Kunstakademien	IV	6	3
Kunstgewerbeschulen	IV	6	3
Künstler-Ateliers	IV	6	3
Kunstschulen	IV	6	3
Kunstvereins-Gebäude	IV	4	2
Kupfer als Baustoff	I	1	1
Kurhäuser	IV	4	2
Laboratorien	IV	6	2
Landhäuser	IV	2	1
Landwirtschaft. Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft	IV	3	1
Laufstege der Dächer	III	2	5
Lebensmittel-Versorgung. Gebäude für Lebensmittel-Versorgung	IV	3	2
Leichenhäuser	IV	5	1
Leichenschauhäuser	IV	7	1
Logen (Freimaurer)	IV	4	2
Lüftung der Räume	III	4	
Lungenheilstätten	IV	5	2
Luxuspferdeställe	IV	3	1
Mädchenschulen, höhere	IV	6	1
Märkte für Getreide, Lebensmittel, Pferde und Hornvieh	IV	3	2
Markthallen	IV	3	2
Marställe	IV	3	1
Materialien des Ausbaues	I	1	1
Mauern	III	2	1
Mechanisch-technische Laboratorien	IV	6	2
Medizin. Lehranstalt. d. Universität.	IV	6	2
Messpaläste	IV	2	2
Metalle als Materialien des Ausbaues	I	1	1
Metalldächer	III	2	5
Militärbauten	IV	7	2
Militär-Hospitäler	IV	5	1
Ministerialgebäude	IV	7	1
Mittelalterliche Baukunst	II	3/4	
Mörtel als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Museen	IV	6	4
Musikzelte	IV	4	2
Naturwissenschaftliche Institute	IV	6	2
Oberlicht	III	3	1
Observatorien	IV	6	2
Ornament. Formenlehre d. Ornaments	I	3	
Ortsbehörden	IV	7	1
Paläste	IV	2	1
Panoramen	IV	4	2
Parkanlagen	IV	6	8/9
Parlamentshäuser	IV	7	2
Passagen	IV	2	2
Pavillons	IV	4	2
„	IV	9	
Pensionate	IV	6	1
Pergolen	IV	4	2
„	IV	9	
Perrons	III	6	
Pferdeställe	IV	3	1
Pflanzenhäuser	IV	6	4
„	IV	9	
Pflanzungen, städtische	IV	8/9	
Pflegeanstalten	IV	5	2
Physikalische Institute	IV	6	2
Pissoirs	III	5	
Post-Gebäude	IV	2	3
Proportionen in der Architektur	IV	1	
Provinzbehörden	IV	7	1
Rampen, äussere	III	6	
Rampen, innere	IV	3	2
Rathäuser	IV	7	1
Raum-Architektur	IV	1	
Raumbegrenzende Konstruktionen	III	2	
Raumbildung	IV	1	
Rechtspflege. Gebäude f. Rechtspflege	IV	7	1
Reinigung der Gebäude	III	5	
Reitbahnen	IV	4	2
Reithäuser	IV	7	2
Renaissance. Baukunst der	II	5/7	
Renaissance in Italien	II	5	
Renaissance in Frankreich	II	6	
Renaissance in Deutschland, Holland, Belgien und Dänemark	II	7	
Rennbahnen	IV	4	2
Restaurants	IV	4	1
Rollschlittschuhbahnen	IV	4	2
Romanische Baukunst	II	4	
Römer. Baukunst der Römer	II	2	
Ruheplätze	IV	4	2
„	IV	9	
Saal-Anlagen	IV	1	
Saalbauten	IV	6	3
Sammlungen	IV	6	4
Sanatorien	IV	5	

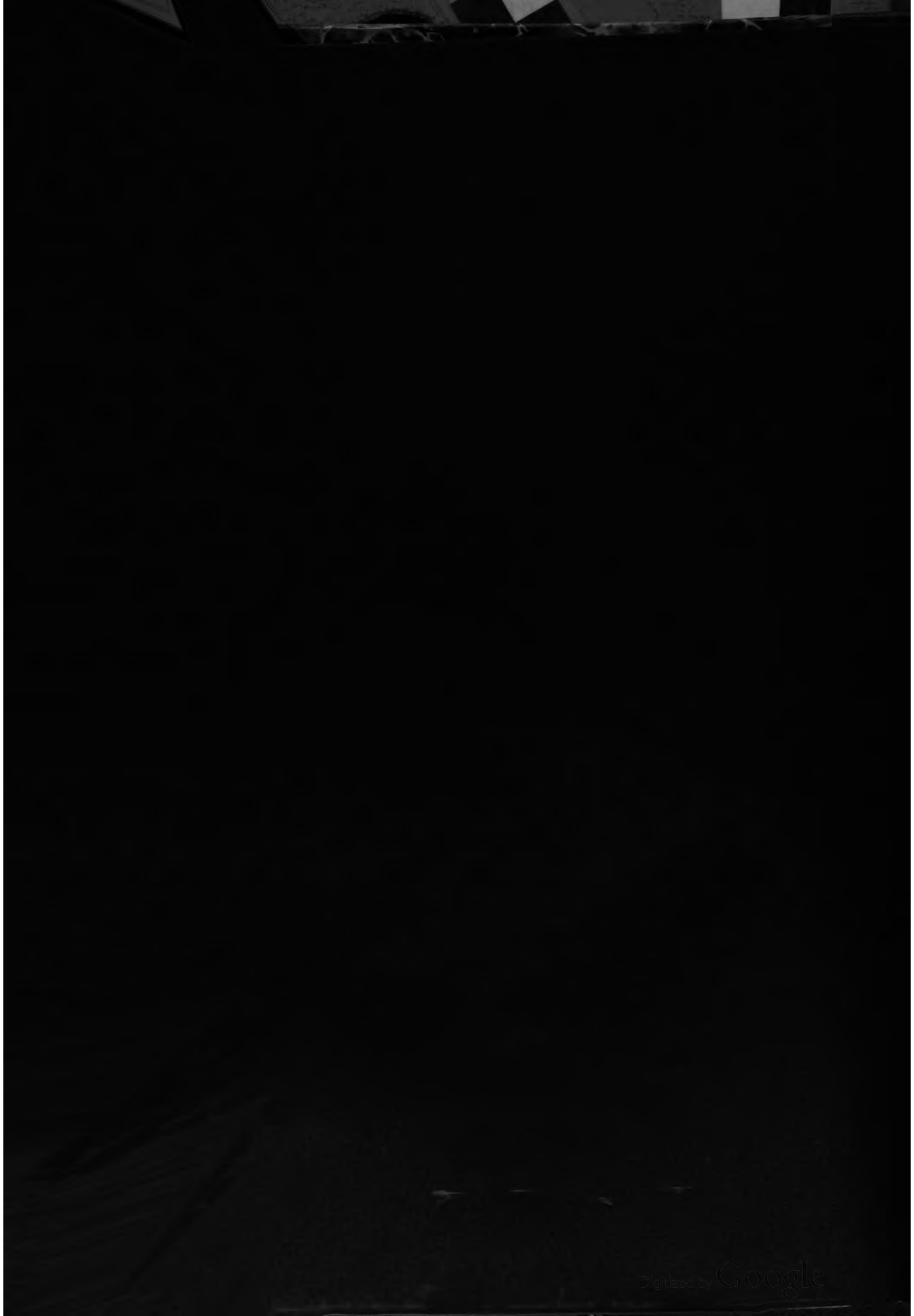
Digitized by Google

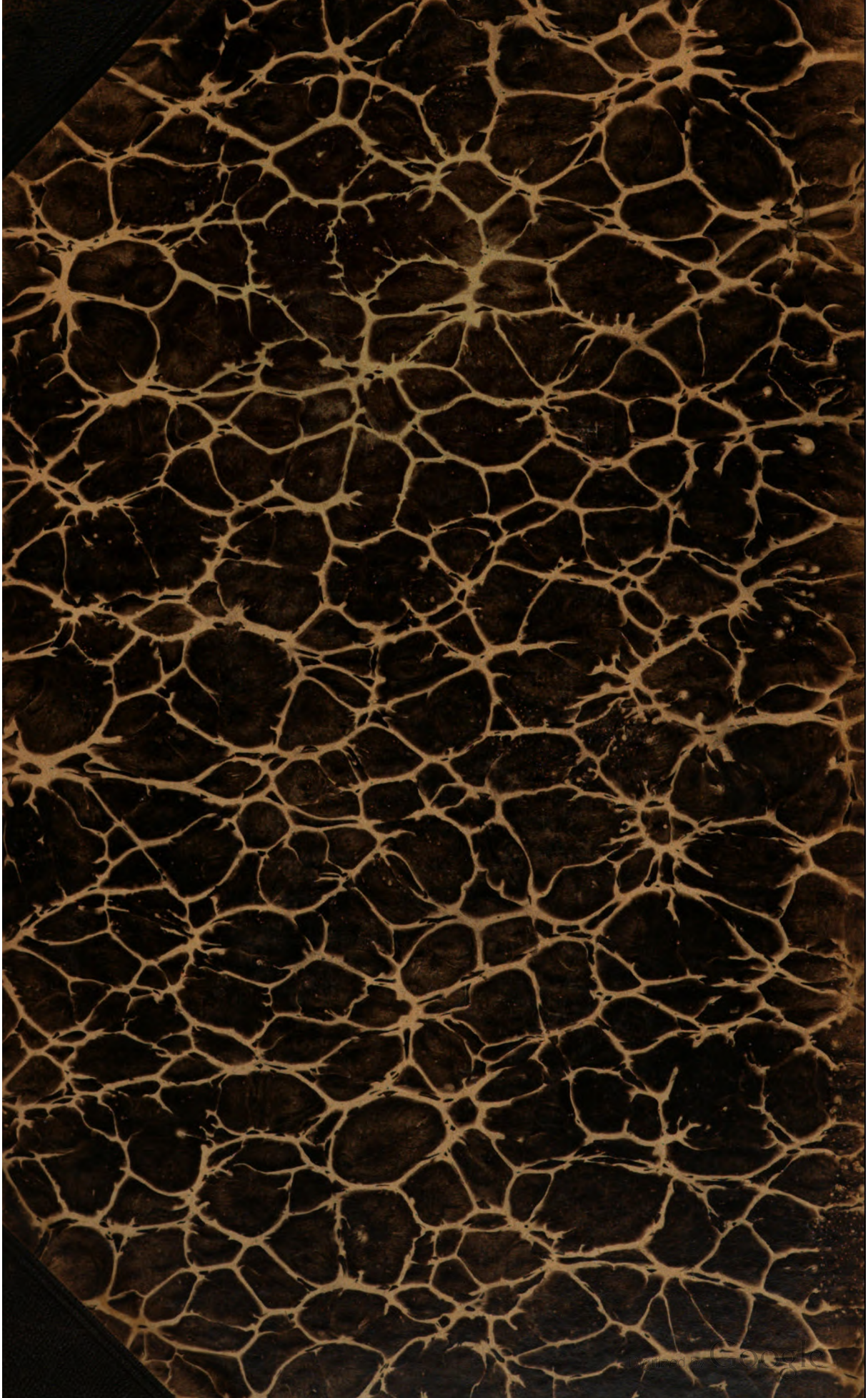
	Teil	Band	Heft
Schankstätten	IV	4	1
Schaufenstereinrichtungen	IV	2	2
Scheunen	IV	3	1
Schieferdächer	III	2	5
Schiesshäuser	IV	7	2
Schiessstätten	IV	4	2
Schlachthöfe	IV	3	2
Schlafhäuser	IV	4	1
Schlösser	IV	2	1
Schneefänge der Dächer	III	2	5
Schulbaracken	IV	6	1
Schulbauwesen	IV	6	1
Schulen	IV	6	1/2
Schützenhäuser	IV	4	2
Schwachsinnige, Gebäude für	IV	5	2
Schwimm-Anstalten	IV	5	3
Seitenlicht	III	3	1
Seminare	IV	6	1
Sicherungen gegen Einbruch, Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen	III	6	
Siechenhäuser	IV	5	2
Sonnenlicht. Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht	III	3	1
Sonnenwärme. Versorgung der Gebäude mit Sonnenwärme	III	4	
Sparkassengebäude	IV	2	2
Speiseanstalten für Arbeiter	IV	4	1
Speisewirtschaften	IV	4	1
Sprachrohre	III	3	2
Spül-Einrichtungen	III	5	
Stadthäuser	IV	7	1
Städtebau	IV	9	
Ställe	IV	3	1
Ständehäuser	IV	7	2
Statik der Hochbau-Konstruktionen	I	1	2
Stein als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Sternwarten	IV	6	2
Stibadien	IV	4	2
„	IV	9	
Straf-Anstalten	IV	7	1
Stützen. Statik der Stützen	I	1	2
Stützmauern	III	6	
Synagogen	IV	8	1
Taubstummen-Anstalten	IV	5	2
Technische Fachschulen	IV	6	1
Technische Hochschulen	IV	6	2
Telegraphen. Haus- u. Zimmertelegr.	III	3	2
Telegraphen-Gebäude	IV	2	3
Tempel. Griechischer Tempel	II	1	
„ Römischer Tempel	II	2	
Terrassen	III	6	
„	IV	9	
Theatergebäude	IV	6	5
Thonerzeugnisse als Konstruktionsmaterialien	I	1	1
Thorwege	IV	1	
Thür- und Fensteröffnungen	III	2	1
Thüren und Thore	III	3	1
Tierhäuser	IV	3	1
„	IV	9	
Träger. Statik der Träger	I	1	2
Treppen	III	3	2
Treppen-Anlagen	IV	1	
Trinkhallen	IV	4	2
Turmkreuze	III	2	5
Turnanstalten	IV	6	1
Universitäten	IV	6	2
Veranden	IV	4	2
Veranschlagung	I	5	
Verdingung der Bauarbeiten	I	5	
Vereine. Gebäude für Vereinszwecke	IV	4	
Vereins-Häuser	IV	4	2
Vergnügungsstätten, öffentliche	IV	4	1
Verkehr. Anlagen zur Vermittlung des Verkehrs in den Gebäuden	III	3	2
Gebäude für Zwecke des Verkehrs	IV	2	2
Verkehrswesen	IV	7	1
Versicherungswesen	IV	7	1
Versorgungshäuser	IV	5	2
Verwaltung. Gebäude f. Verwaltung	IV	7	1
Vestibül-Anlagen	IV	1	
Viehmärkte	IV	3	2
Villen	IV	2	1
Volksbelustigungsgärten	IV	4	1
Volks-Kaffeehäuser	IV	4	1
Volksküchen	IV	4	1
Volksschulen	IV	6	1
Vordächer	III	6	
Vorhallen	IV	1	
Vorräume	IV	1	
Wachgebäude	IV	7	2
Wagenremisen	IV	3	1
Waisenhäuser	IV	5	2
Wandelbahnen und Kolonnaden	IV	4	2
Wände und Wandöffnungen	III	2	1
Wandflächen, Ausbildung der	III	3	3
Wandverschlüsse, bewegliche	III	3	1
Warenhäuser	IV	2	2
Wärmeinrichtungen	III	5	
Wärmstuben	IV	5	2
Wasch-Anstalten	IV	5	4
Wasch-Einrichtungen	III	5	
Waschtisch-Einrichtungen	III	5	
Wasserkünste	IV	9	
Wasserversorgung der Gebäude	III	4	
Windfahnen	III	2	5
Wirtschaften	IV	4	1
Wohlfahrts-Anstalten	IV	5	
Wohnbau, romanischer und gotischer	II	4	2
Wohnhäuser	IV	2	1
Zenithlicht	III	3	1
Ziegeldächer	III	2	5
Zink als Baustoff	I	1	1
Zufluchtshäuser	IV	5	2
Zwangs-Arbeitshäuser	IV	7	1

Zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen.

Digitized by Google

Digitized by Google


Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06823 3553

Digitized by Google